



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN - TARAPOTO

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la Microcuenca del río Shilcayo, ubicado en el distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín – región San Martín

Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil

AUTOR:

Andrea Cecilia Flores Chiang

ASESOR:

Dr. Ing. José Del Carmen Pizarro Baldera

Tarapoto – Perú

2018

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTIN-TARAPOTO
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

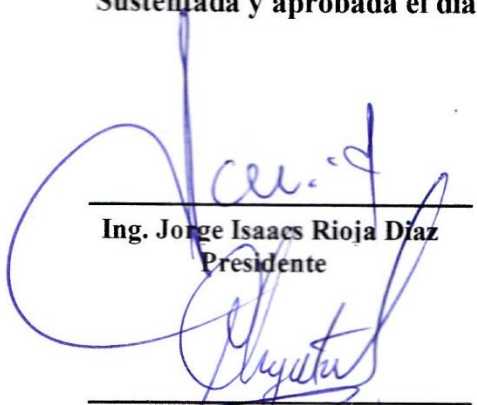


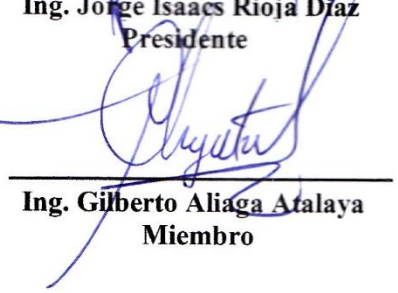
**Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la Microcuenca
del rio Shilcayo, ubicado en el distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de
San Martin – región San Martín**


AUTOR:


Andrea Cecilia Flores Chiang

Sustentada y aprobada el día miércoles 14 de noviembre del 2018, por los jurados:


Ing. Jorge Isaacs Rioja Díaz
Presidente


Ing. Gilberto Aliaga Atalaya
Miembro


Ing. Ernesto Eliseo García Ramírez
Secretario


Ing. Dr. José del Carmen Pizarro Baldera
Asesor

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, **ANDREA CECILIA FLORES CHIANG**, egresada de la facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, en la escuela profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con **DNI N° 73240510**, con la tesis titulada

“ ESTUDIO HIDROLÓGICO CON FINES DE APROVECHAMIENTO HÍDRICO EN LA MICROCUENCA DEL RIO SHILCAYO, UBICADO EN EL DISTRITO DE LA BANDA DE SHILCAYO, PROVINCIA DE SAN MARTIN – REGIÓN SAN MARTÍN ”

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni totalmente ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por tanto los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, con el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de falsa), entre otros , asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normativa vigente de la **Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto**.

Tarapoto, 14 de noviembre del 2018

ANDREA CECILIA FLORES CHIANG
DNI N° 73240510



DECLARACIÓN JURADA

Yo, **ANDREA CECILIA FLORES CHIANG**, identificada con **DNI N° 73240510** domicilio legal en la **CALLE MALECÓN # 153 – BANDA DE SHILCAYO**, a efecto de cumplir con las Disposiciones Vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto. **DECLARO BAJO JURAMENTO**, que todos los documentos, datos e información de la presente tesis, son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de la información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las Normas Académicas de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 14 de noviembre del 2018



ANDREA CECILIA FLORES CHIANG
DNI N° 73240510



Formato de autorización **NO EXCLUSIVA** para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Flores Chiang Andrea Cecilia		
Código de alumno :	113148	Teléfono:	947811404
Correo electrónico :	andrea.chiang-18@hotmail.es		DNI: 73240510

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ingeniería Civil y Arquitectura
Escuela Profesional de:	Ingeniería Civil

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(x)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca del Río Shilcayo, ubicado en el distrito de la banda de Shilcayo provincia de San Martín - Región San Martín
Año de publicación:	2018

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(x)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia **CREATIVE COMMONS**

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA".



.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

12 / 03 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

Dedico este trabajo a Dios por haberme dado la vida, la fortaleza y el permitirme haber llegado hasta este momento tan importante para mi formación profesional, para así lograr mis objetivos dentro de su infinita bondad y amor.

Dedicado a mis Amados padres, **Carmen Cecilia Chiang Lecca y Jaime Flores García** que con su Amor, esfuerzo, dedicación y apoyo incondicional formaron los pilares de mi Vida profesional, por ser mis guías en momentos de penumbras, por siempre ser mi ejemplo a seguir y por su amor incondicional.

Dedicado a mi Amada Hermana **Claudia Cristina Flores Chiang** por su comprensión y apoyo moral inspirándola siempre a ser mejor y ser para ella un ejemplo a seguir.

Dedicado a mi Familia y amigos que siempre estuvieron dispuestos a ayudar para así poder hacer realidad este proyecto que forma parte de mi formación profesional.

Andrea Cecilia Flores Chiang

Agradecimiento

Agradecer a Dios por darme la vida y guiar siempre mis pasos por sendas de justicia, como manda en su palabra.

Agradecer de manera especial a mi asesor de tesis Ing. José Del Carmen Pizarro Baldera por los consejos y enseñanzas brindadas en las Aulas de mi alma Máter Universidad Nacional de San Martín, así también durante el desarrollo del Proyecto de tesis, así como en los cursos dictados en la universidad.

Agradecer a mi alma máter Universidad Nacional de San Martín, cuyas aulas fueron cuna de aprendizaje para el desarrollo de habilidades adquiridas en la Carrera de ingeniería civil.

Andrea Cecilia Flores Chiang

Índice

Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice.....	viii
Índice de tablas	xi
Índice de figuras.....	xiv
Índice de planos	xviii
Resumen	xix
Abstract	xx
Introducción.....	1
CÁPITULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.....	3
1.1 Aspectos Generales del Estudio	3
1.1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto	3
1.1.2 Hidrografía.....	8
1.1.3 Accesibilidad	10
1.1.4 Topografía	11
1.1.5 Clima	11
1.1.6 Medio Ambiente	12
1.1.7 Zonas de Vida y Ecología.....	12
1.1.8 Geología	13
1.1.9 Área de Influencia	14
1.1.10 Situación Actual de la Microcuenca del Río Shilcayo	14
1.1.11 Población Beneficiada	14
1.2 Descripción del Problema.....	15
1.3 Formulación del Problema.....	16
1.4 Objetivos.....	17
1.4.1 Objetivo General.....	17
1.4.2 Objetivos Específicos	17
1.5 Marco Teórico	17
1.5.1 Antecedentes de la Investigación	17
1.5.2 Bases Teóricas	23
1.5.2.1 Cuenca	23
1.5.2.2 Precipitación	34

1.5.2.3 Otros Factores del Balance Hídrico	38
1.5.2.4 Balance Hídrico	39
1.6 Definición de Términos Básicos.....	41
1.7 Justificación de la Investigación	42
1.8 Limitaciones	43
CÁPITULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	44
2.1 Sistema de Hipótesis.....	44
2.1.1 Hipótesis	44
2.2 Sistema de Variables	44
2.2.1 Variable Independiente.....	44
2.2.2 Variable Dependiente	44
2.3 Tipo de Método de Investigación	44
2.3.1 Área de Estudio	45
2.4 Diseño de Investigación.....	45
2.4.1 Materiales	45
2.4.2 Equipos de Oficina	46
2.4.3 Fuentes Técnicas.....	46
2.4.4 Instrumentos de Recolección de Datos.....	46
2.4.5 Procesamiento de la información	46
2.5 Universo, Población y Muestra	70
2.5.1 Universo.....	70
2.5.2 Población	70
2.5.3 Muestra	70
CÁPITULO III: RESULTADOS	71
3.1 Aplicación de la Metodología y Presentación de Resultados.....	71
3.1.1 Parámetros Geomorfológicos	71
3.1.2 Precipitación	84
3.1.3 Evapotranspiración	103
3.1.4 Balance Hídrico	137
3.2 Análisis e Interpretación de Cuadros y Figuras	144
3.3 Discusión de Resultados.....	146
3.4 Contrastación de Hipótesis	147
CONCLUSIONES	148

RECOMENDACIONES	150
ANEXOS	153

Índice de tablas

Tabla 1:	Superficie de áreas geográficas.	4
Tabla 2:	Vías de Acceso	11
Tabla 3:	Población Beneficiada	15
Tabla 4:	Información Cartográfica	47
Tabla 5:	Análisis de Doble Masa entre Estaciones Tarapoto y San Antonio.	56
Tabla 6:	Análisis de Doble Masa Estación entre Tarapoto y Porvenir.	59
Tabla 7:	Análisis de Doble Masa Estación entre Porvenir y Chazuta.	62
Tabla 8:	Análisis de Doble Masa Estación entre San Antonio y Lamas.	65
Tabla 9:	Cuadro creado en Excel que contiene datos para realizar la Curva Hipsométrica.....	73
Tabla 10:	Pendiente de la Microcuenca del Rio Shilcayo – Método del rectángulo Equivalente	77
Tabla 11:	Índice de Pendiente por el Método del Rectángulo Equivalente.	79
Tabla 12:	Índice de pendiente por el Método de Alvord.	80
Tabla 13:	Pendiente de Cauce, Método de Taylor Schwarz	81
Tabla 14:	Precipitación por el método Aritmético.....	84
Tabla 15:	Polígono de Thiessen.....	84
Tabla 16:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas.....	85
Tabla 17:	Precipitación Media de la Cuenca por el Método Aritmético	86
Tabla 18:	Precipitación por el Método del Polígono de Thiessen.	89
Tabla 19:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas - Enero.....	92
Tabla 20:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Febrero	92
Tabla 21:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Marzo	93
Tabla 22:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Abril.	93
Tabla 23:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Mayo.	94
Tabla 24:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Junio.	94

Tabla 25:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Julio.	95
Tabla 26:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Agosto.	95
Tabla 27:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Septiembre.....	96
Tabla 28:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Octubre.	96
Tabla 29:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Noviembre.....	97
Tabla 30:	Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Diciembre.	97
Tabla 31:	Precipitación Media Anual por el Método de las Curvas Isoyetas.	98
Tabla 32:	Precipitación Promedio Mensual y Anual.	98
Tabla 33:	Resultados de Temperaturas.	104
Tabla 34:	Precipitación Promedio Mensual Anual.....	104
Tabla 35:	Curvas Isotermas.	105
Tabla 36:	Zonas de Vida.....	105
Tabla 37:	Tendencia de Temperatura	106
Tabla 38:	Temperatura Promedio Mensual – Enero.....	107
Tabla 39:	Temperatura Promedio Mensual – Febrero	109
Tabla 40:	Temperatura Promedio Mensual – Marzo	111
Tabla 41:	Temperatura Promedio Mensual –Abril	113
Tabla 42:	Temperatura Promedio Mensual –Mayo	115
Tabla 43:	Temperatura Promedio Mensual –Junio.....	117
Tabla 44:	Temperatura Promedio Mensual –Julio.....	119
Tabla 45:	Temperatura Promedio Mensual –Agosto	121
Tabla 46:	Temperatura Promedio Mensual –Setiembre	123
Tabla 47:	Temperatura Promedio Mensual –Octubre.....	125
Tabla 48:	Temperatura Promedio Mensual –Noviembre	127
Tabla 49:	Temperatura Promedio Mensual –Diciembre.....	129
Tabla 50:	Evapotranspiración Potencial, Método de Thornthwaite	131
Tabla 51:	Evapotranspiración Potencial Mensual por el Método de Turc.	133

Tabla 52:	Promedio de la Evapotranspiración obtenida por los métodos ya mencionado.....	135
Tabla 53:	Evapotranspiración Promedio Corregida.....	135
Tabla 54:	Balance Hídrico Superficial de la Lámina de Agua.	137
Tabla 55:	Volúmenes de Disponibilidad en MMC en la Microcuenca del Rio Shilcayo	137
Tabla 56:	Caudales Superficiales de escorrentía.	139
Tabla 57:	Comparación de Caudales al 90%.	139
Tabla 58:	Comparación de caudales al 100%.....	140
Tabla 59:	Comparación de caudales al 110%.....	140

Índice de figuras

<i>Figura 1:</i>	Micro localización de la Microcuenca del Ró Shilcayo	5
<i>Figura 2:</i>	Micro localización de la Microcuenca del Rio Shilcayo	6
<i>Figura 3:</i>	Macro localización de la Microcuenca del Rio Shilcayo en la red de Cuencas del Perú	7
<i>Figura 4:</i>	Micro ubicación de la Microcuenca del Rio Shilcayo en la red de cuencas del Perú	8
<i>Figura 5:</i>	Ubicación del Rio Shilcayo en la Red Hidrográfica del Perú	9
<i>Figura 6:</i>	Naciente del rio Shilcayo.....	10
<i>Figura 7:</i>	Sistema de Clasificación de Holdridge.....	13
<i>Figura 8:</i>	Caudales Medios mensuales.....	21
<i>Figura 9:</i>	Divisoria de una cuenca (1).....	24
<i>Figura 10:</i>	Divisoria de una Cuenca (2)	24
<i>Figura 11:</i>	Divisoria de una Cuenca (3)	25
<i>Figura 12:</i>	Divisoria de una Cuenca (4)	25
<i>Figura 13:</i>	Creación de campo para el cálculo de áreas en ArcGIS.	26
<i>Figura 14:</i>	Creación de campo para el cálculo de áreas en ArcGIS.	26
<i>Figura 15:</i>	Curva Hipsométrica.....	27
<i>Figura 16:</i>	Factor de Forma.....	28
<i>Figura 17:</i>	Representación y Concepción del Rectángulo Equivalente.	29
<i>Figura 18:</i>	Representación gráfica de una Cuenca seccionada por fajas	31
<i>Figura 19:</i>	Perfil Longitudinal del Curso de Agua.....	31
<i>Figura 20:</i>	Polígono de Thiessen.....	36
<i>Figura 21:</i>	Isoyetas.	37
<i>Figura 22:</i>	Esquema de Metodología de la Investigación	45
<i>Figura 23:</i>	Curvas de Nivel del Cuadrante 13 – k y 14 – k.....	48
<i>Figura 24:</i>	Altura Inferior de la Microcuenca	49

<i>Figura 25:</i> Altura Superior de la Microcuenca.....	50
<i>Figura 26:</i> Archivo TIN de la Microcuenca del Rio Shilcayo.	51
<i>Figura 27:</i> Archivo Raster Fill de la Microcuenca del Rio Shilcayo.	52
<i>Figura 28:</i> Flow Direction de la Microcuenca del Rio Shilcayo.....	52
<i>Figura 29:</i> Flow Accumulation de la Microcuenca del Rio Shilcayo.	53
<i>Figura 30:</i> Trazo en ArcMap de la Microcuenca del Rio Shilcayo.....	53
<i>Figura 31:</i> Delimitación de la Microcuenca Del Rio Shilcayo	54
<i>Figura 32:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	57
<i>Figura 33:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	58
<i>Figura 34:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	60
<i>Figura 35:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	61
<i>Figura 36:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	63
<i>Figura 37:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	64
<i>Figura 38:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa..	66
<i>Figura 39:</i> Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.....	67
<i>Figura 40:</i> Polígono de Thiessen.....	68
<i>Figura 41:</i> Curvas Isoyetas.....	69
<i>Figura 42:</i> Visualización del Área en km² en el programa ArcGIS.....	71
<i>Figura 43:</i> Visualización del Perímetro en km , programa ArcGIS.....	72
<i>Figura 44:</i> Curva Hipsométrica.....	74
<i>Figura 45:</i> Polígono de Frecuencia de Altitudes.....	75
<i>Figura 46:</i> Rectángulo Equivalente.....	78
<i>Figura 47:</i> Perfil Longitudinal del Cauce.....	82
<i>Figura 48:</i> Perfil Pluviométrico de las Estaciones	83
<i>Figura 49:</i> Tendencia de la precipitación media mensual – método aritmético.....	87
<i>Figura 50:</i> Perfil de la Precipitación mensual – Método Aritmético	88

<i>Figura 51:</i> Tendencia de la Precipitación Media Mensual – Método polígono de Thiessen	90
<i>Figura 52:</i> Perfil de la Precipitación Media Mensual – Método polígono de Thiessen	91
<i>Figura 53:</i> Tendencia de la Precipitación Media Mensual – Método de las Curva Isoyeta	99
<i>Figura 54:</i> Perfil de la Precipitación Mensual – Método de Curvas Isoyetas	100
<i>Figura 55:</i> Tendencia del Promedio de la Precipitación Media Mensual.	101
<i>Figura 56:</i> Perfil del Promedio de la Precipitación Media de la Cuenca.	102
<i>Figura 57:</i> Perfil de Temperatura Media Anual.	103
<i>Figura 58:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual - Enero.	108
<i>Figura 59:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual - Febrero.	110
<i>Figura 60:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual - Marzo..	112
<i>Figura 61:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual - Abril	114
<i>Figura 62:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual - Mayo.	116
<i>Figura 63:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Junio	118
<i>Figura 64:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Julio	120
<i>Figura 65:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Agosto.....	122
<i>Figura 66:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Setiembre.....	124
<i>Figura 67:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Octubre	126
<i>Figura 68:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Noviembre.	128
<i>Figura 69:</i> Perfil de Temperatura Media Mensual – Diciembre.	130
<i>Figura 70:</i> Evapotranspiración Mensual en mm – Método de Thornthwaite.....	132
<i>Figura 71:</i> Evapotranspiración Mensual en mm por el Método de Turc.	134
<i>Figura 72:</i> Evapotranspiración Corregida Mensual en mm	136
<i>Figura 73:</i> Evapotranspiración Vs Precipitación.....	138
<i>Figura 74:</i> Caudal de la Microcuenca del Rio Shilcayo Vs Caudales de EMAPA al 90%	141

<i>Figura 75:</i> Caudal de la Microcuenca del Rio Shilcayo Vs Caudales de EMAPA al 100%	142
<i>Figura 76:</i> Caudal de la Microcuenca del Rio Shilcayo Vs Caudales de EMAPA al 110%	143

Índice de planos

Plano 1: Ubicación (U-01)

Plano 2: Delimitación de la Microcuenca (PD-01)

Plano 3: Polígono de Thiessen (PT-01)

Plano 4: Curvas Isoyetas (PI-01)

Plano 5: Curvas Isotermas (PIT-01)

Resumen

El presente estudio tiene como finalidad determinar la oferta hídrica en la Microcuenca del Rio Shilcayo, el trabajo de gabinete consistió en el procesamiento de datos obtenidos de las entidades pertinentes realizando un análisis previo para comprobar la confiabilidad de los mismos sabiendo que la información debe ser confiable, completa y precisa.

Se empleó el uso de programas digitales para facilitar la creación de mapas y cálculos de algunas variables se utilizó la información brindada por el IGN, la carta nacional de los cuadrantes respectivos que abarca la microcuenca.

Se calculó los parámetros geomorfológicos de la microcuenca obteniéndose un Área de 34.105 km² y un perímetro de 38.566 km con una forma muy alargada oblonga.

Los cálculos de Precipitación se efectuaron utilizando tres métodos conocidos como el método Aritmético, Polígono de Thiessen y Curvas isoyetas.

Se trabajó con el promedio de los dos últimos mencionados dando como resultado una precipitación anual de 1392.345 mm. En la Microcuenca del rio Shilcayo existe precipitación durante todos los meses del año siendo el mes de agosto que menos precipitación registra durante el año con 57.367 mm, y una precipitación media anual de 1392.345 mm.

Finalmente se ejecutó el balance hídrico y se analizaron los valores generados, los cuales nos permitirán conocer la disponibilidad real en todos los meses, superávits o déficits que se puedan presentar.

Palabras Clave: Precipitación, Balance hídrico, Oferta, Demanda, Parámetros Geomorfológicos, Thiessen, Isoyetas.

Abstract

The following research aims to determinate the water availability in Shilcayo River Micro-basin, the cabinet work consisted in processing data given by themed entities, making a previous analysis to verify the consistency of the information, knowing that such data must be trustworthy, complete and extensive.

Different kind of digital software were used to either, create maps or calculate certain variables, and in that process was included the usage of IGN cartography data (the national maps).

Geometric parameters such as area (34.105 km²) and perimeter (38.566 km) were calculated to conclude that the micro-basin has an elongated shape.

To calculate precipitation three methods were used: arithmetic, Thiessen and Isohyets.

The final estimation of the precipitation was made with the mean of the 2 later methods which ended up giving a result of 1392.345 mm. In the Shilcayo River micro-basin, there is existence of the precipitation phenomena during the whole year, with August being the least humid month (57.367mm) and a mean annual precipitation of 1392.345.

Finally, water balance was made and all values were analyzed, which allowed us to know the real availability of the resource through all the months, recognizing surpluses or deficits that could happen.

Keywords: Precipitation, Water balance, availability, need, Geomorphic parameters, Thiessen, Isohyets.



Introducción

La humanidad durante muchos años ha dependido del líquido vital que es el agua, como fuente de alimento, materia prima o energía. Dicho recurso podemos encontrarlo en la superficie terrestre dentro de espacios delimitados por montañas vaciados por un único sistema de drenaje natural, los cuales reciben el nombre de “cuenca hidrográfica”, cuyos afluentes dan forma a las “sub-cuencas”.

Y por último con un área menor tenemos a la “microcuenca”, al ser pequeñas constituyen las unidades adecuadas para la planificación de acciones en su manejo. Para cumplir con dicho objetivo se realizan estudios hidrológicos, los cuales nos permiten conocer características físicas y geomorfológicas, obtener información hidrometeorológica existente y de registros históricos, calcular caudales y demanda de agua para las áreas de riego.

En la Microcuenca del Rio Shilcayo es muy importante contar con el recurso hídrico, el cual es indispensable para satisfacer las actividades que se desarrollan dentro de ella como la agricultura y la demanda poblacional, las cuales incrementan el desarrollo socioeconómico, es uno de los principales afluentes del Rio Cumbaza que es una de las principales fuentes hídricas superficiales de los distritos de la Banda de Shilcayo, Tarapoto y Morales. La deforestación de las áreas dentro de la microcuenca, están alterando el ciclo hidrológico disminuyendo la oferta hídrica. A fin de contribuir a la obtención de información necesaria El presente proyecto de investigación titulado “Estudio Hidrológico con fines de aprovechamiento Hídrico en la Microcuenca del rio Shilcayo ubicado en el distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín - Región San Martín” comprende el estudio hidrológico de la microcuenca en mención cuya finalidad consiste en determinar la masa anual disponible de agua para su aprovechamiento.

Mediante la exploración de campo se obtuvieron datos actuales y reales de la zona de estudio y alrededores, información útil y necesaria; con la ayuda de pobladores que habitan la parte baja de la microcuenca se pudo recorrer el área de influencia de la microcuenca Shilcayo, pudiéndose apreciar la topografía del terreno, tipo de suelo, y otras características.

Se recolecto testimonios de la población, en cuanto a la historia del comportamiento de los caudales del rio Shilcayo y el uso actual del agua.

El trabajo en gabinete se desarrolló mediante la búsqueda de publicaciones relacionadas al tema; recopilación y revisión de información bibliográfica, proyectos de tesis e informes de ingeniería, manuales instructivos de laboratorios, uso de la biblioteca virtual (internet), normas y reglamentos, datos estadísticos, también se consultó la información de los

proyectos del; Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI), Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Autoridad Nacional del Agua (ANA), Proyecto Especial Huallaga Central y Bajo Mayo (PEHCBM), Municipalidad Distrital de La Banda de Shilcayo, Instituto Geográfico Nacional (IGN), entre otros.

El proyecto está estructurado en 3 capítulos, siguiendo las pautas del esquema de trabajos de investigación y tesis para una metodología cuantitativa, teniendo así:

El **Capítulo I – Revisión Bibliográfica**, comprende el proceso de obtención de datos, describiendo la información general de la zona de estudio, así como la identificación y planteamiento del problema, los objetivos esperados, la justificación del proyecto y su delimitación (límites).

El **Capítulo II – Materiales y Métodos**, se refiere a la identificación de las variables, formulación de la hipótesis, determinación del tipo de investigación, así como su estructura (diseño) y definición de la muestra y población de datos.

El **Capítulo III – Resultados y Discusión**, abarca el uso de la metodología para presentar a través de cuadros y figuras los valores finales de salida en el método aplicado, así como su discusión y análisis con estudios anteriores, finalizando con la validación de la hipótesis.

CAPITULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1 Aspectos Generales del Estudio

1.1.1 Ubicación Geográfica del Proyecto

Políticamente el área donde se desarrollará el Proyecto de Tesis se ubica en la jurisdicción del distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, departamento de San Martín.

Región	:	San Martín
Provincia	:	San Martín
Distrito	:	La Banda de Shilcayo
Microcuenca	:	Rio Shilcayo
Altitud	:	356
Código Ubigeo	:	220901

Límites

Según la Municipalidad distrital de La Banda de Shilcayo, Ordenanza Municipal N°047 – 2011 – A / MPSM, estos son los límites establecidos para la microcuenca del rio Shilcayo.

Este : Con el centro poblado Nueva Venecia

Se parte en el hito 1 de coordenadas UTM 353090E, 9285591N, ubicado en la cumbre de la cadena montañosa que divide las aguas de la microcuenca del rio Shilcayo y Ahuashiyacu y con dirección sur siguiendo las cumbres de aguas debajo de la quebrada Choclino, Hasta el hito 2 de coordenada 352522E y 9282562N.

Sur : Con los distritos de la banda de Shilcayo y Tarapoto

Desde el Hito 2, se dirige con dirección Noroeste cruzando a la quebrada Choclino hasta el hito 3 de coordenadas 352239E y 9283132N.

Continuando hacia el oeste hasta el hito 4, de coordenadas 351947E y 9283129N, prosiguiendo con dirección Noroeste hasta el hito 5 de coordenadas 351552E y 92928324N, Límites con los AAVV Nueva amistad y Dos de Diciembre, de ahí se dirige con dirección Noroeste hasta el hito 6 de coordenadas 351391E y 9283607N. Luego se dirige con dirección Noroeste hasta el hito 7 de coordenadas 351021E y 9283607N.

Continuando con dirección Noroeste hacia el hito 8 de coordenadas 351074E y 9283809N prosiguiendo con dirección noroeste hasta el hito 9 de coordenadas 350934E y 9283952N De ahí se dirige con dirección suroeste hacia el hito 10 de coordenadas 350845E y 9283859N.

De ahí se dirige con dirección suroeste cruzando el río Shilcayo hasta el hito 11 de coordenadas 350287E y 928364°.

Luego se este punto, se dirige con dirección noroeste hasta el hito 12 en la intersección con el límite del área urbana de la ciudad de Tarapoto en las coordenadas 350033E y 9283966.

Oeste : Con el distrito de Tarapoto

Desde el hito 12, se dirige con dirección noroeste aguas arriba del Río Shilcayo, siguiendo el límite del área urbana de la ciudad de Tarapoto, hasta el hito 13 de coordenadas 349951E, 9284238N. Desde este punto, se dirige con dirección Noroeste, hasta el hito 14, siguiendo el límite del área urbana de la ciudad de Tarapoto de coordenadas 350015E y 9284423N.

Luego se dirige con dirección Noroeste, siguiendo el límite de área urbana de Tarapoto de coordenadas 350015E y 9284423N.

Luego se dirige con dirección Noroeste hasta llegar al hito 15 de coordenadas 349996E y 9284602N, hito 16 350125E y 9284832N, hito 17, intersección con la cumbre montañosa que divide las aguas de la microcuenca del río Shilcayo con el río Ahuashillo.

En las coordenadas 349653E y 9285705N de la microcuenca del río Shilcayo con el río Shilcayo hasta el hito 18, intersección con el límite del área de conservación Cordillera Escalera, en las coordenadas 349623E y 9287311.

Norte : Con el área de conservación Cordillera Escalera.

Desde el hito 18 continua con dirección este, siguiendo el límite del área de Conservación de la Cordillera Escalera, encontramos en primer lugar al río Shilcayo y antes de llegar al hito 1, la quebrada Choclino como punto final del cierre del polígono propuesto. (*Fuente: Municipalidad Provincial de San Martín*).

La Microcuenca del Río Shilcayo, está ubicada en el distrito de la banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Región San Martín. Territorialmente su extensión alcanza una superficie de 3416 Ha. llegando a abarcar parte del distrito de Tarapoto,

Según la clasificación del prestigioso investigador peruano Antonio Brack Egg la microcuenca está considerada dentro de la región selva baja.

Geográficamente se ubica en la sub-cuenca del río Cumbaza.

Tabla 1

Superficie de áreas geográficas.

AREA GEOGRAFICA	SUPERFICIE (KM2)
Microcuenca del Río Shilcayo	34.105

Fuente: Autor.

MACRO LOCALIZACIÓN DE LA MICROCUENCA DEL RIO SHILCAYO

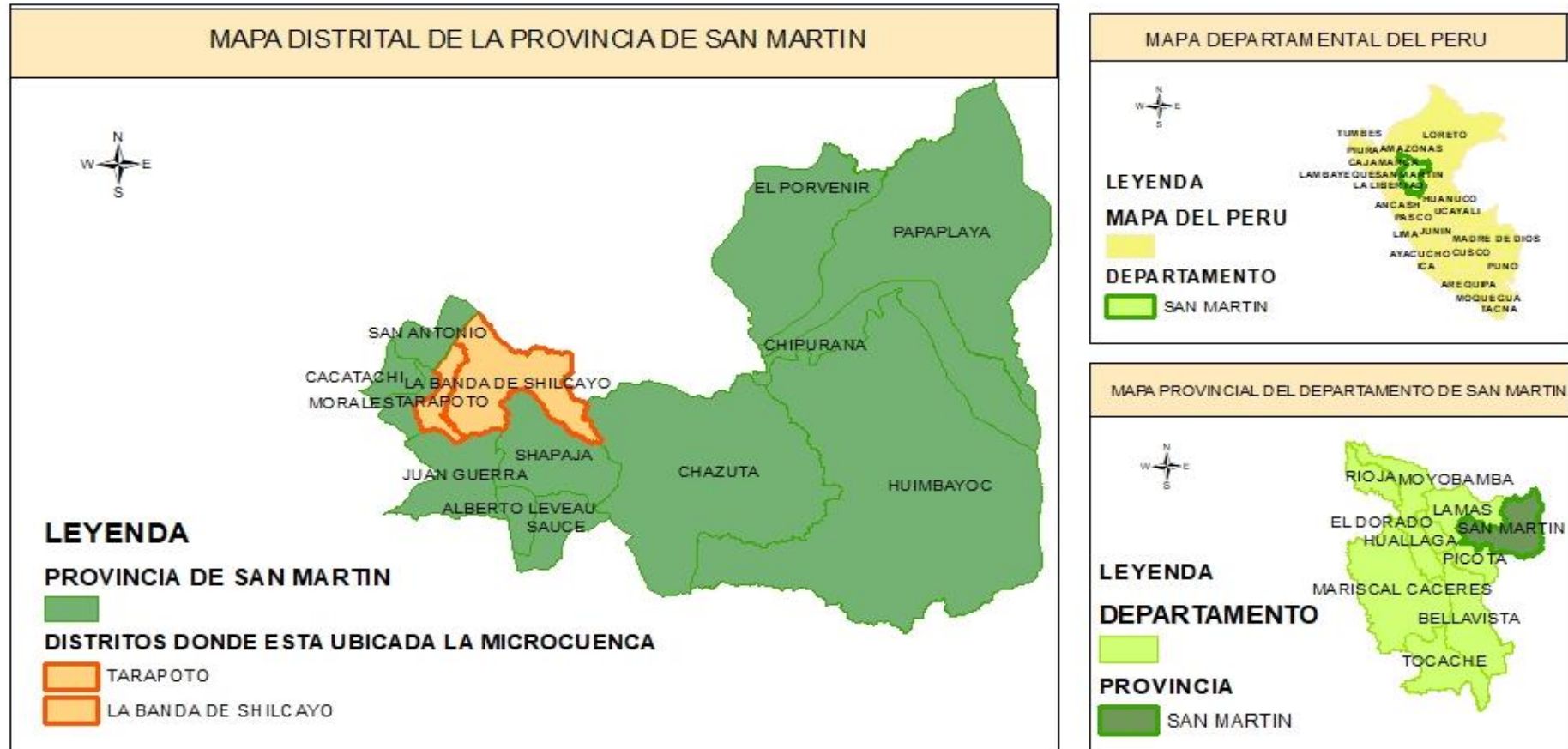


Figura 1: Micro localización de la Microcuenca del Río Shilcayo (Elaboración Propia. Referencia: CEDISA)



Figura 2: Micro localización de la Microcuenca del Río Shilcayo (Elaboración Propia)



Figura 3: Macro localización de la Microcuenca del Río Shilcayo en la red de Cuencas del Perú (Elaboración propia.).

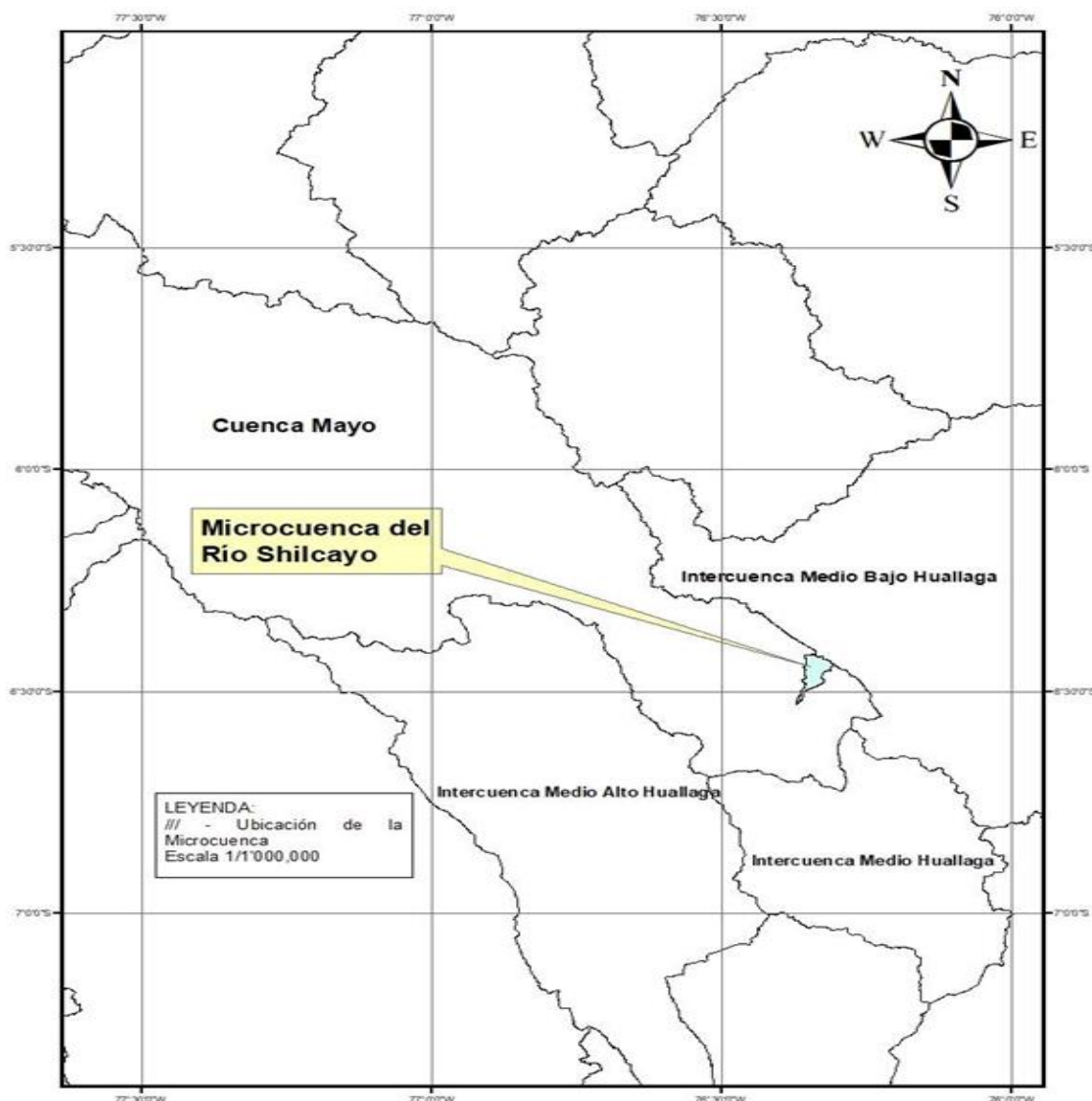


Figura 4: Micro ubicación de la Microcuenca del Río Shilcayo en la red de cuencas del Perú

1.1.2 Hidrografía

La red hidrográfica del departamento de San Martín comprende un sector de la cuenca del Huallaga Central, las nacientes de las principales sub cuencas de la margen izquierda del Huallaga Central se localizan en territorios de la cordillera oriental, algunos de ellos a más de 4000 m.s.n.m. mientras que las sub-cuencas de la margen derecha nacen en la cordillera sub-andina a unos 2000 m.s.n.m.; La ciudad de Tarapoto, incluyendo a sus distritos (Tarapoto, Morales, La Banda de Shilcayo) se encuentran ubicados en la red hidrográfica de la cuenca Cumbaza constituida por el río Cumbaza como eje principal, siendo sus afluentes principales por la margen izquierda el río Shilcayo y las quebradas Ahuashiyacu y Pucayacu y por la margen derecha la quebrada Shupishiña. El caudal de estos cuerpos de agua es muy variable dependiendo de la intensidad y temporalidad de las precipitaciones.

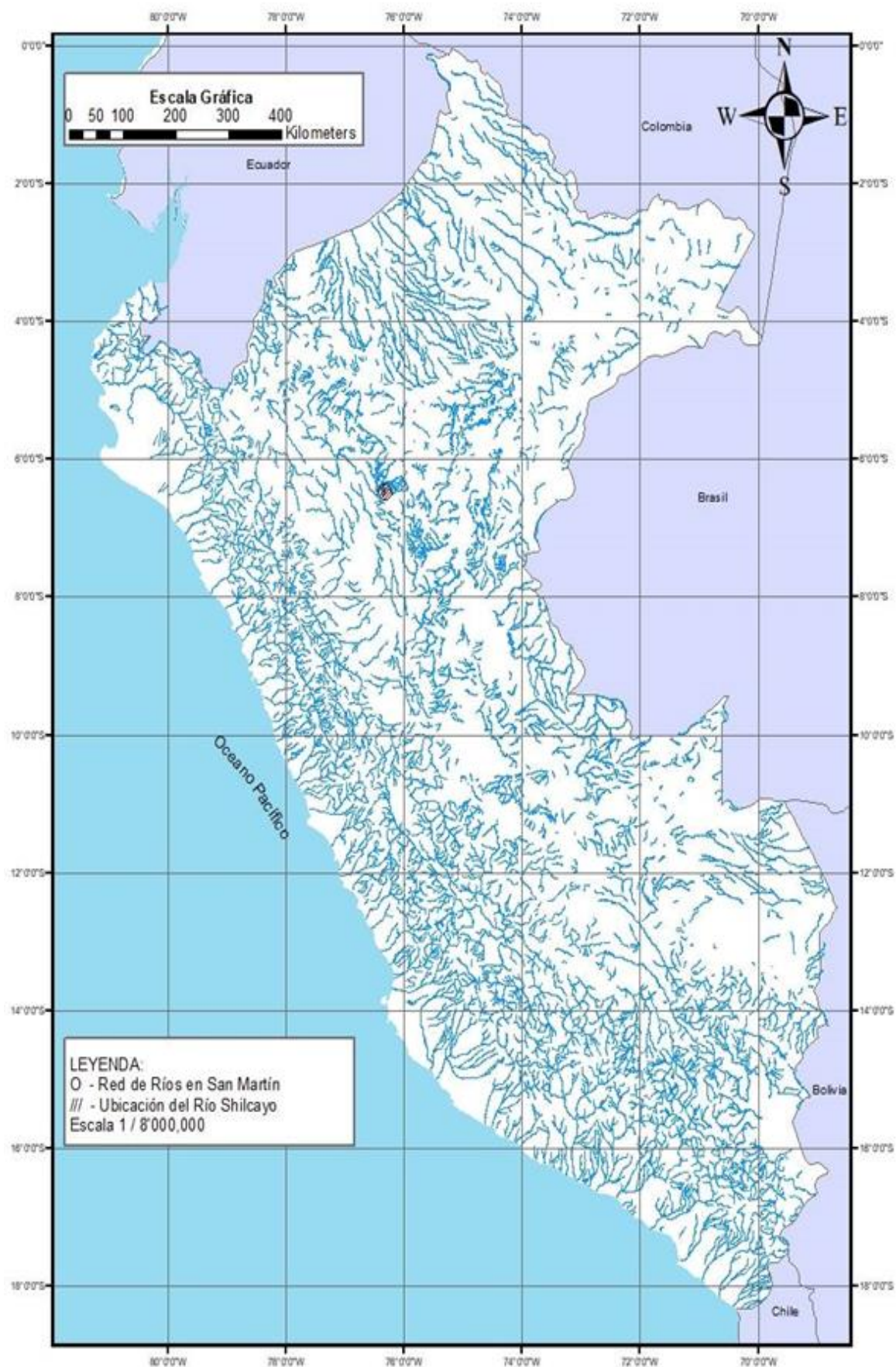


Figura 5: Ubicación del Río Shilcayo en la Red Hidrográfica del Perú

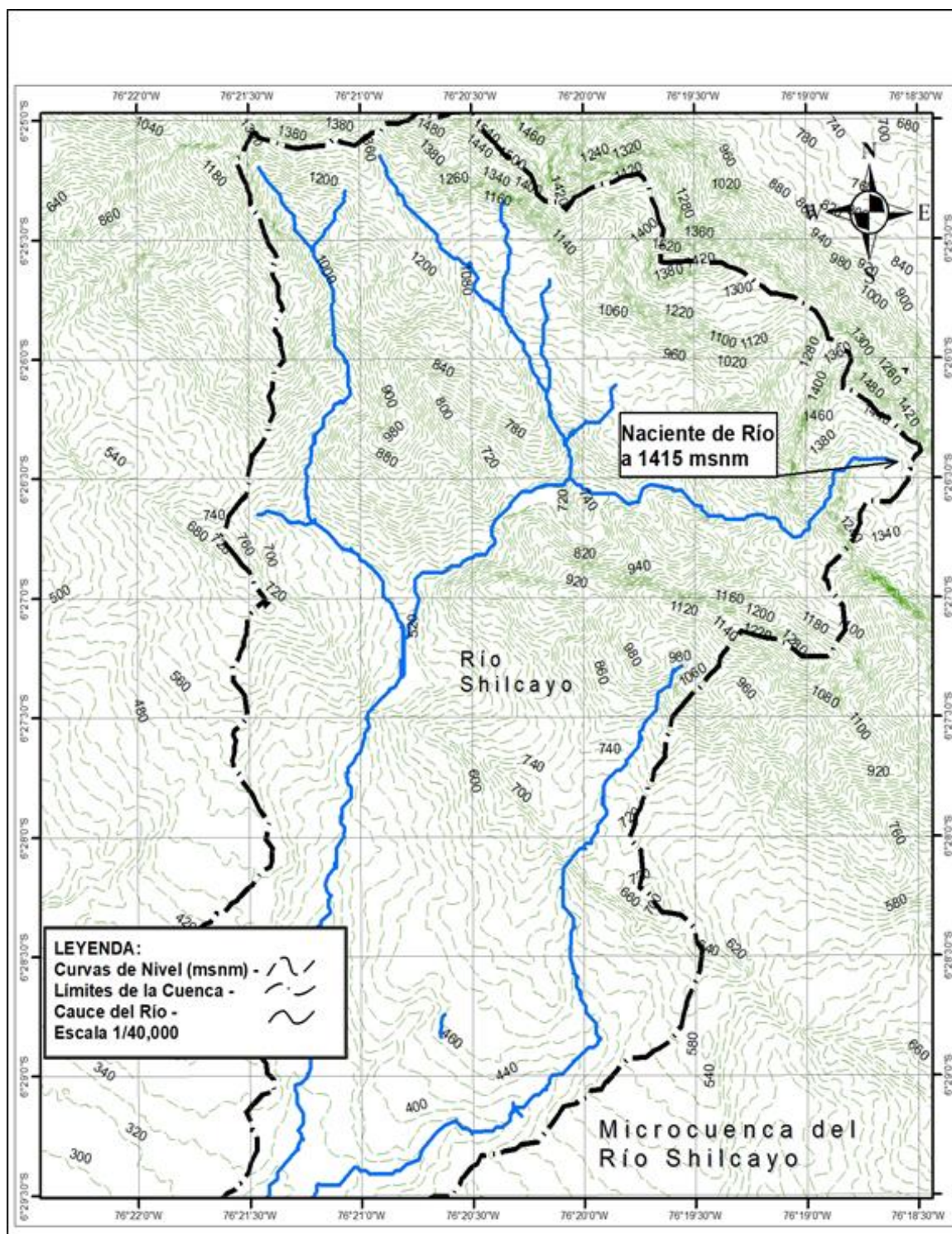


Figura 6: Naciente del río Shilcayo

1.1.3 Accesibilidad

La principal vía de comunicación en el ámbito de la microcuenca Shilcayo es la carretera Marginal de la Selva - FBT, de ésta, se desprenden vías de acceso de penetración a los distritos que abarcan el ámbito de la microcuenca del río Shilcayo. La distribución de las vías de acceso en la cuenca del río Shilcayo es como a continuación se detalla:

Tabla 2

Vías de Acceso

Ruta	Salida	Llegada	Tipo De Via	Medio De Transporte	Distancia En (Km)	Tiempo (Min)
Red vial Primaria	Tarapoto	Micro Cuenca del Rio Shilcayo	Asfaltado	Auto/Moto Lineal	7.00 km	25 min
Red vial Secundaria	Tarapoto	Micro Cuenca del Rio Shilcayo	Asfaltado	Auto/Moto Lineal	6.50 km	20 min
Caminos de Vigilancia	Tarapoto	Microcuenca del Rio Shilcayo	Trocha Carrozable	Auto/Moto Lineal	6.00 km	19 min

Fuente: Autor.

El acceso a la microcuenca Shilcayo se realiza desde el centro Takiwasi (ubicado a 15 minutos en mototaxi recomendado desde la plaza de Tarapoto) en prolongación alerta, siguiendo esta ruta pasamos por el Orquidiario de Tarapoto y por el centro de protección animal Urkus para llegar a la garita centro de interpretación donde se encuentra la bocatoma del rio Shilcayo de donde se capta agua para el consumo de las poblaciones de La Banda y Tarapoto y continua su recorrido por el cerro escalera.

1.1.4 Topografía

La Topografía en la Microcuenca Shilcayo es mixta con terrenos ondulados y de pendientes pronunciadas, relativamente plana en su parte baja, pero a partir de la plaza de armas hacia las laderas de la cordillera escalera se generan relieves que le dan forma accidentada.

1.1.5 Clima

Climatología. - El clima en la Microcuenca Shilcayo por estar dentro del valle amazónico tiene dos periodos definidos; uno es el periodo de lluvias que abarca los meses de diciembre a abril, provocando que el caudal de la quebrada aumente presentándose el superávit; y otro periodo de sequías que abarca los meses de abril a noviembre donde las precipitaciones son escasas y esporádicas, en este mes disminuye el abastecimiento de las cuencas de drenaje de la quebrada, presentándose un periodo de estiaje.

Fenómenos Climáticos. – Las características climáticas de la región San Martín generan tormentas prolongadas por varias horas, que hacen crecer las quebradas, ocasionando desbordes, que afectan a la población urbana en zonas bajas.

1.1.6 Medio Ambiente

El medio ambiente en la microcuenca Shilcayo es de vital importancia ya que en la parte alta de la microcuenca se encuentran los bosques que contienen gran cantidad de especies arbóreas y diversidad de bejucos, lianas, arbustos y hierbas. Estando en constante regeneración por el sistema natural de claros creados por la caída de los árboles de gran tamaño, debido generalmente a los fuertes vientos característicos de la región se aprecia una gran acumulación de musgo en el suelo y materia orgánica semejante a una esponja que se encarga de condensar la humedad de la neblina y acumular el agua de las precipitaciones, liberándola lentamente a través de filtraciones, producen el oxígeno que purifica el aire que respiramos, conservando agradable y estable el clima local, la diversidad biológica en la microcuenca conformado por flora y fauna silvestre de los cuales podemos mencionar por lo general presencia de reptiles; anfibios; aves como el Pato Negro - (*Cairina Moschata*), Garza - (*Ardea Alba*), Gallinazo - (*Coragyps Astratus*), Vaca Muchacha - (*Crotophaga Ani*), Shicapa - (*Troglodytes Aedon*); mamíferos como el Mono Fraile - (*Saimiri Sp*), Mono Pichicos - (*Saguinus Sp*), Sachavaca - (*Tapirus Terrestris*), Oso de Anteojos - (*Tremarctos Ornatus*), Tigrillo - (*Leopardo Pardalis*); Insectos entre ellos una diversa variedad de mariposas.

La presencia de árboles protege el suelo y asegura la disponibilidad de agua en los ríos el cual provee de alimentos a peces y aves, también hace posible el abastecimiento del recurso hídrico en la parte baja de la microcuenca para algunas ciudades y centros poblados de la provincia de San Martín.

Es lamentable mencionar la contaminación por residuos sólidos (orgánicos e inorgánicos) y el mal manejo de los productos que se comercializan en el mercado del distrito de La Banda de Shilcayo que van a parar en el río Shilcayo aglomerándose con frecuencia en la parte media y baja de la microcuenca, así como la deforestación constante en la parte alta y media de la microcuenca originando que el caudal del río Shilcayo disminuya drásticamente trayendo consigo diversos problemas.

1.1.7 Zonas de Vida y Ecología

El concepto de zona de vida fue desarrollado por el naturalista estadounidense Clinton Hart Merriam en 1889, sin embargo, el Sistema más usado es el desarrollado por Leslie Holdridge, quien, en 1971, definió el concepto zona de vida del siguiente modo: «Una zona de vida es un grupo de asociaciones vegetales dentro de una división natural del clima, que se hacen teniendo en cuenta las **condiciones** edáficas y las etapas de sucesión, y que tienen

una fisonomía similar en cualquier parte del mundo». El sistema se basa en los siguientes parámetros principales: Biotemperatura, Evapotranspiración Potencial y Precipitación.

En la Figura 7 se puede apreciar el Diagrama de Holdridge para catalogar una Zona de Vida.

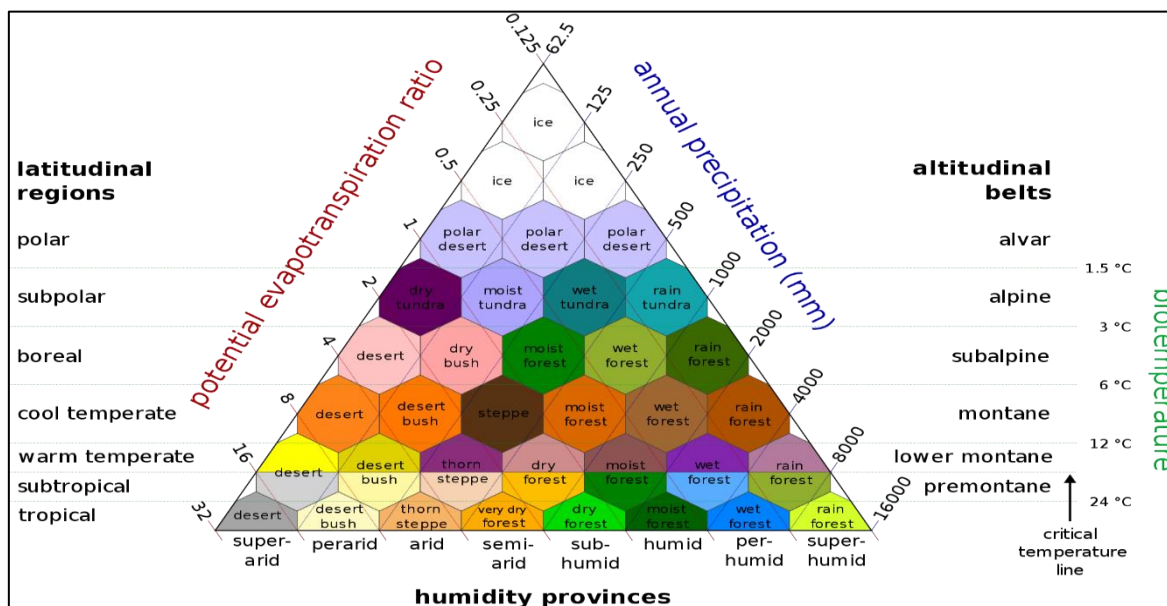


Figura 7: Sistema de Clasificación de Holdridge (Wikipedia,2018)

De acuerdo al Mapa Ecológico elaborado por la O.N.E.R.N, se han identificado 5 zonas de vida o microclimas en la cuenca, tres principales y dos transicional. Así tenemos

Bosque seco - Tropical

Bosque Seco – Tropical (Transicional a bosque Húmedo Premontano Tropical)

Bosque Húmedo - Premontano Tropical

Bosque Húmedo - Premontano Tropical (Transicional a bosque muy húmedo - Premontano Tropical)

Bosque muy Húmedo - Premontano Tropical

Se identificaron en relación a la Temperatura y Altura correspondiente, lo que se contrasto con el perfil de la microcuenca.

1.1.8 Geología

Los estudios realizados por la O.N.E.R.N, permite conocer la composición litológica que conforman los suelos y rocas de la cuenca. Así tenemos:

Las Rocas del Cretácico Inferior y Jurásico Superior. – Compuesta de arenisca arcillosas. Se ubican en las partes más altas de la micro cuenca del río Shilcayo.

Las Rocas Terciarias. – Compuesta por arcillitas y areniscas, ubicadas en la parte media de la microcuenca del río Shilcayo.

Los Aluviales del Cuaternario Reciente. – Compuestos por grava, arcilla y arena: ubicados en la parte baja de la cuenca donde alberga a los distritos de La Banda de Shilcayo y Tarapoto.

1.1.9 Área de Influencia

Influencia directa e indirecta

El área de influencia directa de la microcuenca Shilcayo, está constituida por el área circundante al emplazamiento del estudio, así como las vías de acceso aledañas que permiten la accesibilidad a la microcuenca, así como aquellas zonas, cuyas características productivas y socioeconómicas pueden orientarse hacia el estudio; mientras que el área de estudio de influencia indirecta abarca toda la localidad del distrito de La Banda de Shilcayo y parte de la cordillera escalera.

1.1.10 Situación Actual de la Microcuenca del Río Shilcayo

Actualmente en la microcuenca Shilcayo existen áreas de bosque que se encuentran deforestadas, que altera directamente el ciclo hidrológico y como consecuencia disminuyendo la oferta hídrica de la cuenca. La capacidad de retención de la microcuenca depende de la cantidad de vegetación arbórea que ayuda a contener, retener el recurso y a infiltrarlos a los acuíferos.

El río Shilcayo es un afluente del río Cumbaza, cuya naciente empieza en el cerro escalera y recorre de noreste a suroeste pasando por la ciudad de Tarapoto; cuyas aguas son claras, pero con pobre caudal que al pasar por la ciudad de Tarapoto se contaminan con las aguas residuales de la ciudad, tiene un fondo predominante pedregoso, con zonas inundables y secciones estrechas.

Es por ello, que el presente trabajo de investigación se orienta a generar información en cuanto al uso del agua, la demanda actual y su disponibilidad con la finalidad de, justificar el aprovechamiento hídrico de la microcuenca para el beneficio de la población.

1.1.11 Población Beneficiada

Los beneficiados directos del presente Proyecto son los pobladores de los distritos de Tarapoto, Banda de Shilcayo y Morales, debido al crecimiento poblacional en estos distritos nace la necesidad de mejorar y ampliar la información de la disponibilidad Hídrica del Río Shilcayo con fines de programar medidas de contingencia a futuro en lo que respecta a su conservación, así como, al uso del agua del río Shilcayo.

Los múltiples beneficios que se obtendrán, están en base a lograr el desarrollo sostenible y que al mismo tiempo beneficiar a la población desde las partes altas y bajas de la microcuenca, cabe mencionar que se busca la articulación y coordinación de las actividades con los actores involucrados para lograr beneficios equitativos para evitar conflictos o problemas que desestabilicen la organización de gestión en la cuenca.

Tabla 3

Población Beneficiada

POBLACIÓN	CANTIDAD	PORCENTAJE
La Banda de Shilcayo	41 114	28.7 %
Tarapoto	73 015	50.9 %
Morales	29 302	20.4 %
Total	143 431	100%

Fuente: red de servicio de salud San Martín, censo 2015 y equipo de trabajo (INEI).

1.2 Descripción del Problema

El agua es el recurso hídrico natural vital para el ser humano y para la tierra, del agua existente en el planeta tierra, el 97,5% es salada y se encuentra en los mares y océanos, el 2,5 es agua dulce del cual se dispone solamente del 1% que escurre por las cuencas hidrográficas en forma de arroyos, ríos, lagos, lagunas y en acuíferos.

Según la biblioteca virtual Wikipedia: “Una cuenca hidrográfica es un territorio drenado por un único sistema de drenaje natural, es decir, que drena sus aguas al mar a través de un único río, o que vierte sus aguas a un único lago endorreico. Una cuenca hidrográfica es delimitada por la línea de las cumbres, también llamada divisoria de aguas. El uso de los recursos naturales se regula administrativamente separando el territorio por cuencas hidrográficas, y con miras al futuro las cuencas hidrográficas se perfilan como una de las unidades de división funcionales con mucha más coherencia, permitiendo una verdadera integración social y territorial por medio del agua”

En el Perú tenemos tres vertientes hidrográficas, con respecto al territorio, la vertiente del pacífico comprende el 1.8%, la vertiente del atlántico el 97.7% y la vertiente del Titicaca el 0.5%, las cuales aportan recurso hídrico a las cuencas del país. Según el Ministerio de Ambiente: “El Perú cuenta con 106 cuencas hidrográficas por las que escurren 2’043.548,26 millones de metros cúbicos (MMC) al año. Asimismo, cuenta con 12.200 lagunas en la sierra y más de 1.007 ríos, con los que se alcanza una disponibilidad media de recursos hídricos de 2,458 MMC concentrados principalmente en la vertiente amazónica.”

La concentración de recursos hídricos en la amazonia representa el 70% de toda el agua precipitada en los meses de diciembre a Abril a comparación de las épocas de estiaje, esta irregularidad genera un problema en la disponibilidad y abastecimiento de dicho recurso.

La red hídrica de la sub cuenca del río Cumbaza, comprende las quebradas de Cachiyacu, Shilcayo, Ahuashiyacu y Pucayacu por la margen izquierda y la quebrada de Shupishiña por la margen derecha, Las fuentes de captación principales de agua para consumo humano y uso agrícola provienen de las quebradas de Cachiyacu, Shilcayo y Ahuashiyacu. Estas quebradas abastecen de agua a los pobladores de los distritos de Tarapoto, Morales y la Banda de Shilcayo.

La microcuenca del río Shilcayo constituye una principal fuente tributaria del recurso hídrico de la cuenca del río Cumbaza. Ambas fuentes de agua son utilizadas para el consumo humano de las poblaciones urbanas y rurales de los distritos de La Banda, Tarapoto y Morales, tanto para el consumo humano, agrícola, pecuario, piscícola e industrial.

En la actualidad la microcuenca del río Shilcayo carece de un estudio hidrológico integral y los trabajos que se realizaron con anterioridad tuvieron que ver con los estudios de los recursos naturales enfocados desde una perspectiva agrícola y geográfica, como los estudios de CEDISA-Perú (pago de servicios ambientales hídricos para la conservación de bosques y alivio a la pobreza región San Martín). Mediante la elaboración de este proyecto se busca dar un aporte para futuros estudios que se deseen realizar en cuanto al aprovechamiento del agua ya sea en el campo agrícola o geográfico que beneficie y mejore la calidad de vida de la población, razón por la cual es necesario efectuar el Estudio Hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico.

El estudio del presente Proyecto “Estudio Hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca Shilcayo, ubicado en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín – región San Martín.” se limita a determinar la masa anual de agua que produce la micro cuenca, la masa anual de agua que se usa en la cuenca y la disponibilidad con la finalidad de planificar su aprovechamiento

1.3 Formulación del Problema

En los últimos años la microcuenca del Río Shilcayo se encuentra sometida a una ocupación agresiva de su territorio y sin ninguna planificación y se encuentra expuesta a la contaminación generada por el crecimiento poblacional causando la pérdida de bosques en la parte alta, media y baja de la microcuenca que afectan directamente el ciclo hidrológico y por consiguiente a la generación del recurso hídrico. Ante el problema descrito se plantea la siguiente interrogante: **¿Cuál es la oferta hídrica de la Microcuenca del río Shilcayo?**

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Analizar y procesar la información hidrometeorológica de la microcuenca del río Shilcayo con la finalidad de determinar la oferta del recurso hídrico, así como el uso actual del agua, con fines de su aprovechamiento.

1.4.2 Objetivos Específicos

1. Delimitar la cuenca en estudio a partir de la cartografía disponible obtenida de la Carta Nacional - IGN.
2. Identificar las estaciones comprendidas en el área de influencia del estudio.
3. Determinar y calcular el valor de cada uno de los parámetros geomorfológicos de la microcuenca.
4. Calcular la oferta mensual en MMC de agua en el río Shilcayo.
5. Calcular el consumo mensual en MMC de agua en el Río Shilcayo.
6. Cuantificar la oferta anual de agua en MMC aplicando ya sea modelos estadísticos y/o hidrometeorológicos.
7. Cuantificar la disponibilidad mensual y anual de agua.
8. Identificar los parámetros que intervienen en el Balance Hídrico superficial

1.5 Marco Teórico

1.5.1 Antecedentes de la Investigación

Dentro de los antecedentes de investigación se mencionan proyectos, y propuestas realizados en nuestro país, con la finalidad de apreciar que el tema ya ha sido desarrollado anteriormente, específicamente en las cuencas de ríos de la costa del Perú.

El Perú tiene 54 cuencas hidrográficas estas áreas están delimitadas topográficamente donde el agua se concentra en un punto en particular para luego ser drenada; consideradas como un conjunto de suelos vegetación y geoformas. El agua según la ley de recursos hídricos N° 29338 en el principio 10 indica, El uso del agua debe ser óptimo y equitativo, basado en su valor social, económico y ambiental, y su gestión debe ser integrada por cuenca hidrográfica y con participación activa de la población organizada. El agua constituye parte de los ecosistemas y es renovable a través de los procesos del ciclo hidrológico.

El Ministerio de Agricultura a través de la ex Administración Técnica del Distrito de Riego Chicama realizó la “Evaluación y ordenamiento de los recursos hídricos en la cuenca del río Chicama” – Estudio Hidrológico. (La Libertad, Octubre 2003), nos dice: La escasez del recurso hídrico en el Distrito de Riego Chicama ha conducido a los usuarios y al propio estado a la búsqueda de fuentes de agua alternativas del recurso, siendo así que

se han desarrollado importantes inversiones para incrementar la oferta de agua mediante el traslado de aguas procedentes de la cuenca del río Santa en lo que corresponde a la III Etapa del Proyecto especial CHAVIMOCHIC, el cual se encuentra actualmente como un proyecto, del mismo modo también se hace énfasis para la explotación de aguas subterráneas y aguas de recuperación. Esta problemática hace evidente la necesidad del uso óptimo, racional y sostenible del recurso hídrico enmarcado en un enfoque integral, evaluando la disponibilidad, calidad y el uso de los recursos hídricos superficiales y subterráneos razón por la cual la Administración Técnica del distrito de riego Chicama y la Intendencia de Recursos Hídricos (IRH) del INRENA en coordinación con las Organizaciones de Usuarios, han programado para el año 2003 la ejecución del proyecto “Evaluación y Ordenamiento de los Recursos Hídricos en la cuenca del río Chicama” El Proyecto está compuesto por cuatro estudios: Hidrología, Aguas Subterráneas, Calidad de Aguas, Evaluación del Sistema de riego; Siendo material del presente informe el Estudio Hidrológico de la cuenca del río Chicama como parte de la componente de Hidrología y que nos proporcionara información procesada y evaluada del recurso hídrico para ser empleada en la distribución, diseño y dimensionamiento de las obras hidráulicas proyectadas como son: captación, conducción, obras de arte, regulación, excedencia, etc., así como el requerimiento de agua en cada uno de los sectores, con la finalidad de definir el abastecimiento del recurso hídrico en el sistema de riego de la cuenca. Para ello deberá precisarse: la disponibilidad de agua, el requerimiento de agua para el plan agrícola (cedula de cultivo) que se plantea, los derechos de uso de agua de terceros, balance hídrico, características, de las avenidas y los periodos de sequía. Conceptos que serán de mucha ayuda al momento del desarrollo de la tesis.

El Ministerio de Agricultura en coordinación con La Autoridad Nacional del Agua y La Administración Local de Agua Zaña presentan el estudio “Evaluación de Recursos Hídricos Cuenca Del Rio Zaña”, (Lima, Agosto 2010), el cual nos dice: La Autoridad Nacional del Agua en coordinación con la Administración Local de Agua Zaña (ALA Zaña), ejecutó el Estudio Evaluación de los Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del Río Zaña. El objetivo del estudio, es proporcionar los elementos de juicio hidrológicos necesarios, para la toma de decisiones para el mejor aprovechamiento de los recursos hídricos superficiales en la cuenca del río Zaña, dentro del marco del desarrollo sustentable de los recursos hídricos, y considero evaluar, cuantificar y simular el comportamiento de los recursos hídricos en cantidad y oportunidad de la cuenca, establecer el balance hídrico, y de esta manera, ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso hídrico, y a

su vez mejorar la gestión de la Autoridad Local de Agua. Como objetivos específicos contempló: Determinar las características físicas y ecológicas de la cuenca. Evaluar las variables meteorológicas. Diagnóstico de la red hidrometeorológica de la cuenca. Evaluación del comportamiento de la precipitación en la cuenca y sub-cuencas. Determinar la disponibilidad hídrica en las sub-cuencas: Udimá, Niepos y Nanchoc afluentes principales del río Zaña. Estimación de la demanda de agua. Balance hidrológico de la cuenca, bajo escenarios con aguas superficiales y subterráneas. Evaluar eventos hidrológicos extremos en el río Zaña y subcuencas Udimá y Niepos. Implementar un modelo de Balance Hídrico mediante Simulación Hidrológica. Sistematizar la información cartográfica (cobertura temática) generadas en un sistema de información geográfica (SIG). El documento se ha estructurado en 11 capítulos: (I) Aspectos Generales, (II) Descripción General y Diagnóstico de la Cuenca, (III) Climatología, (IV) Análisis y Tratamiento de la Precipitación, (V) Análisis y Tratamiento de la Escorrentía Superficial, (VI) Eventos Hidrológicos Extremos, (VII) Uso y Demanda de Agua, (VIII) Modelamiento Hidrológico, (IX) Conclusiones y Recomendaciones, (X) Bibliografía y (XI) Anexos. Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales en la Cuenca del río Zaña ANA-DCPRH-Aguas Superficiales; La cuenca del río Zaña está localizada en la costa norte del Perú, pertenece al sistema hidrográfico de la vertiente del Océano Pacífico, sus coordenadas geográficas están comprendidas entre los paralelos 6° 46' y 7° 06' Latitud Sur y Meridianos 78° 54' y 79° 44' Longitud Oeste, presenta un área de drenaje total, hasta su desembocadura en el mar de 1 754,7 km², una altitud media de 1117 msnm y una longitud máxima de recorrido desde sus nacientes hasta su desembocadura de 125 km; presenta una pendiente promedio de 2,84 %. Las subcuencas Udimá y Niepos son las más importantes de la cuenca, por su aportación al río Zaña, debido a que estas corresponden a la cuenca húmeda, estableciéndose la misma por encima de los 1 500 msnm. En el valle Zaña se han desarrollado sistemas de riego que utilizan aguas superficiales del río Zaña y de la quebrada Nanchoc, y agua subterránea para uso poblacional principalmente. Considerándose como conclusión que la oferta hídrica del río Zaña podría mejorarse con la inclusión de las aguas subterráneas y en el marco del desarrollo sustentable de los recursos hídricos, se recomienda optimizar la cédula de cultivos y que sea acorde con la variación de la oferta de agua en el tiempo. Es recomendable que la ALA Zaña establezca un programa de monitoreo y control hidrométrico de las captaciones y canales principales de forma tal que permita estimar los volúmenes de aguas de recuperación producidas en las comisiones de regantes Virú, Espinal y Oyotun, así como la determinación de las eficiencias de riego. La implementación de una estación pluviométrica en la parte alta de la subcuenca

Niepos; permitiría obtener registros más confiables y que sirva de base para ajustar en el corto y mediano plazo los modelos hidrológicos basados en la precipitación y características de la cuenca. Conceptos valiosos que serán útiles para el desarrollo de la presente tesis.

Ulderico Fasanando Ramírez a través del Centro de Desarrollo e Investigación de la selva Alta CEDISA presentó su proyecto “Pago Por Servicios Ambientales Hídricos Para La Conservación de Bosque y Alivio a la Pobreza, Región San Martín”, nos dice:

El presente estudio tiene por objetivo realizar el balance hídrico de la cuenca del río Cumbaza, considerando la oferta y demanda hídrica para un futuro de 10 años. El análisis de la oferta hídrica ha contemplado el cauce principal (río Cumbaza) y los principales afluentes: quebradas Cachiyacu, Ahuashiyacu, Shilcayo y Pucayacu por la margen izquierda y Shupishiña (Chupishiña) por la margen derecha; para ello se han empleado registros históricos de caudales medios mensuales para 10 años. Los caudales de la quebrada Cachiyacu fue generado a partir de los caudales de las quebradas Shilcayo y Ahushiyacu. Los caudales de estas quebradas tienen una tendencia a disminuir en el tiempo, mientras que los caudales del río Cumbaza tiene una tendencia a aumentar; este aparente aumento de caudal (no significa un aumento de la producción de agua en la cuenca), es posible que tenga relación con el incremento progresivo de la deforestación, considerando que hay una relación directa con la disminución de la infiltración del agua en el suelo, aumento de la velocidad de escorrentía al disminuir la resistencia del agua en los terrenos con pendientes y el aumento de la evapotranspiración. La demanda hídrica está conformada principalmente por la necesidad de agua de los cultivos de los predios que agrupa la Junta de Usuarios de Tarapoto y para consumo poblacional de los distritos de Shilcayo, Morales y Tarapoto. La fuente de agua para consumo humano de las poblaciones indicadas son las quebradas Cachiyacu, Shilcayo y Ahuashiyacu. La fuente de agua para uso agrícola son el río Cumbaza, Shilcayo, Ahuashiyacu y Chupishiña. El balance hídrico indica que las fuentes de agua para uso poblacional y agrícola, son insuficientes para satisfacer estas necesidades, siendo necesario el aporte de otras fuentes. Caso contrario se deberán de priorizar el consumo de agua poblacional. En cambio, la oferta del río Cumbaza para el riego agrícola abastece estas necesidades. En el estudio también ha considerado un análisis de los manantiales, se concluye que menos del 50% de los manantiales han perdido su cobertura vegetal y su biodiversidad, tendiendo a desaparecer por la desprotección y deforestación. Estas fuentes de agua son muy importantes ya que son fuentes de agua para consumo humano de aquellos pobladores que viven en la zona rural y no están conectados a ninguna red de agua potable. Este estudio contiene información que será de gran utilidad.

EPS EMAPA SAN MARTIN S.A. a través del “Estudio Hidrológico del Río Shilcayo”, (Tarapoto, 2014), nos dice: Debido al crecimiento poblacional surgió la necesidad de mejorar y ampliar los sistemas de Producción de agua potable para el distrito de Tarapoto, de la provincia de San Martín, como el caso del Sistema de Producción de Agua Shilcayo, el cual viene siendo operado por la EPS EMAPA SAN MARTÍN S.A. En esa situación es que, se pretenderá sincerar la oferta de la fuente río Shilcayo, con el objeto de contar con información veraz y de primera mano a fin de programar medidas de contingencia de cara al futuro en lo que respecta al uso de las aguas del río Shilcayo, así como también, regularizar el trámite de la Autorización Sanitaria del Sistema de Tratamiento de agua Shilcayo ante la DIGESA. El presente estudio de Hidrología servirá para sincerar la oferta actual de la fuente río Shilcayo, y así pueda ser utilizado para elaborar planes de aprovechamiento a futuro de dicha fuente, y así como también, regularizar las dotaciones hacia la planta de tratamiento existente, la cual posee una capacidad instalada de 120 lps como máximo. La serie de caudales medios mensuales generados y extendidos al año 2014 según el método estocástico es la siguiente:

CAUDAL MEDIO MENSUAL GENERADO (MCS)													
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1998	0.000	1.242	1.176	2.267	0.943	1.435	0.179	0.170	1.508	1.625	0.365	0.705	11.616
1999	2.665	2.625	2.510	0.821	3.190	0.508	0.278	0.086	0.368	0.186	2.406	1.310	16.956
2000	1.285	1.706	1.122	2.654	0.352	0.198	0.341	0.960	2.103	0.212	0.098	2.073	13.104
2001	0.767	1.677	1.607	5.263	2.085	0.384	2.194	0.784	1.023	1.651	0.700	3.047	21.181
2002	0.035	1.220	0.981	2.169	0.433	0.398	1.785	0.037	0.071	0.954	1.377	1.090	10.550
2003	2.455	2.039	2.476	1.885	1.338	1.310	0.013	0.263	0.646	1.959	1.298	3.114	18.797
2004	0.155	2.293	1.046	0.249	1.294	0.868	0.766	1.326	0.794	1.280	1.369	2.017	13.459
2005	0.462	2.261	1.898	2.705	0.460	1.442	0.319	0.006	0.509	1.894	3.693	0.090	15.739
2006	1.840	2.340	1.312	2.241	0.534	0.478	1.662	0.121	0.014	2.024	2.563	0.945	16.072
2007	1.224	0.000	4.103	1.642	2.153	0.139	0.969	1.103	1.611	1.591	3.167	0.201	17.903
2008	0.860	3.174	2.015	1.276	0.690	1.089	0.000	0.241	0.972	0.932	1.023	0.108	12.381
2009	2.173	2.338	2.278	3.829	1.603	1.745	0.491	0.893	2.237	1.141	1.192	0.985	20.906
2010	0.708	2.090	1.633	3.521	1.295	0.487	0.129	0.361	0.239	1.517	2.643	1.500	16.122
2011	0.931	0.455	3.591	2.055	1.726	2.335	1.035	0.064	1.033	1.252	2.569	2.410	19.457
2012	2.790	1.720	2.561	4.710	1.473	0.930	0.223	0.000	0.824	2.084	1.002	3.198	21.516
2013	1.467	1.921	2.067	2.612	1.397	0.981	0.573	0.263	0.886	1.221	1.498	1.384	16.270
2014	1.301	1.678	1.887	2.549	1.444	1.165	0.804	0.281	1.028	1.391	1.796	1.527	16.848
No. DATOS	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17	17
CAUDAL MEDIO	1.242	1.811	2.015	2.497	1.318	0.935	0.692	0.409	0.933	1.348	1.692	1.512	16.405
D.S	0.891	0.771	0.867	1.283	0.737	0.597	0.653	0.427	0.641	0.557	0.999	1.011	3.360
C.V	0.718	0.426	0.430	0.514	0.559	0.639	0.944	1.044	0.687	0.414	0.591	0.668	0.205
Q75%	0.932	1.358	1.512	1.873	0.989	0.701	0.519	0.307	0.700	1.011	1.269	1.134	12.303
Qm MINIMO	0.000	0.000	0.981	0.249	0.352	0.139	0.000	0.000	0.014	0.186	0.098	0.090	10.550
Qm MAXIMO	2.790	3.174	4.103	5.263	3.190	2.335	2.194	1.326	2.237	2.084	3.693	3.198	21.516

Figura 8: Caudales Medios mensuales (San Martín S.A).

El caudal de máxima avenida fue calculado para un periodo de retorno de 105 años, con un riesgo falla de la estructura de captación del 30% y considerando una vida útil del proyecto de 25 años. Dicha descarga resultó ser 148.26 m³/s. El caudal de estiaje o de sequía resultó

ser de 0.0527 m³/s ó 52.71 lps, calculados para el año promedio y para un periodo de retorno de 20 años, tiempo el cual se espera que el SPA Shilcayo funcione de manera óptima. El caudal demandado por el Sistema de captación y conducción Shilcayo es de 120.0 lps, y el caudal demandado por todas las actividades productivas y no productivas aguas arriba de la captación se está estimando en 5.00 lps en promedio durante todos meses del año. Para el cálculo del Balance Hídrico también se está considerando el caudal de 300.0 lps derivado por la Canal de riego Principal Shilcayo, que beneficia a las áreas de la Comisión de Regantes Shilcayo; la suma de dichos caudales (Demanda total) es de 425.0 l/s, valor menor a la oferta disponible promedio del río Shilcayo en los meses de Setiembre a junio. En los meses de julio y agosto, dicha demanda en promedio no queda cubierta plenamente en hasta 179 lps (mes de agosto). En los meses de máximo estiaje (julio y agosto), y operando el SPA Shilcayo – captación Shilcayo EMAPA SM S.A., se tiene déficit de agua superficial. La brecha hídrica de la microcuenca Shilcayo es positiva en todos los demás meses del año. Asimismo, se asegura también el caudal ecológico calculado funcionando el SPA Shilcayo, para dichos meses. En dicho estudio se describen cuadros y procedimientos que serán de mucha importancia para el desarrollo de la tesis.

Claudio Vásquez Fernández a través de su tesis: BALANCE HIDRICO SUPERFICIAL DE LA CUENCA DEL RIO SISA· Nos dice: El presente trabajo, que a sido aceptado por la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de San Martin como tesis, cuya área de acción se encuentra ubicada en la región San Martin se ha desarrollado teniendo en cuenta como referencia bibliográfica la guía metodológica para el balance hídrico superficial de América Latina, en efecto el balance hídrico superficial de la cuenca del rio Sisa se calculara dependiendo de los antecedentes existentes, ósea de los controles pluviométricos e hidrométricos. Por lo tanto, se ha considerado los parámetros de precipitación (P). evapotranspiración real (ETR), y escorrentía superficial (R). De los cuales cada parámetro representa los valores de los promedios anuales.

La Precipitación (P) si bien, teóricamente no es difícil de medir puntualmente, pero por problemas de contorno e instalación el agua captada por los instrumentos puede ser diferente a la que realmente cae y considerando que, dentro de la cuenca, la red pluviométrica es de baja densidad al igual que en toda América del Sur, por eso este parámetro se ha sometido a una evaluación cualitativa y cuantitativa, considerando un récord de 35 años de información.

En cuanto a la Escorrentía Superficial (Mediciones Hidrométricas), que solamente disponen de un récord de 13 años de información, lo cual no constituye una base de datos consistente,

pero sin embargo sus valores se han tenido en cuenta como referencia para comparar con los resultados obtenidos al final de este trabajo de tesis.

La Evapotranspiración Real (ETR), que es el componente más difícil de determinar en forma directa, su cálculo se ha efectuado mediante la fórmula de TURC, formula que involucra como parámetros indispensables a la precipitación (isoyetas) y temperatura (isotermas)

Además, este trabajo de tesis servirá como referencia y antecedentes para otros proyectos similares que se quisieran desarrollar en esta parte del país, porque en esta zona en la mayoría de las cuencas de los cursos principales no tienen información hidrométrica alguna y si lo tuviesen es muy deficiente la disponibilidad de sus datos, por lo tanto, mediante el Balance Hídrico Superficial se estará ofreciendo una solución consistente a este tipo de deficiencias. En dicho estudio se describen cuadros y procedimientos que serán de mucha importancia para el desarrollo de la tesis.

1.5.2 Bases Teóricas

1.5.2.1 Cuenca

Aparicio M. Francisco. nos dice: Es una zona de la superficie terrestre, en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida.

Villón Máximo, Nos dice: Es el área de terreno donde todas las aguas caídas por su precipitación, se unen para formar un solo curso de agua. Cada curso de agua tiene una cuenca bien definida, para cada punto de su recorrido.

Linsley R. y Franzini J. Nos dice: Es el área tributaria hasta un punto determinado sobre una corriente, y está separada de las cuencas adyacentes por una divisoria o parte aguas que pueda trazarse sobre mapas o planos topográficos.

Chow Ven Te Nos dice: Es el área de terreno que drena hacia una corriente en un lugar dado. O, dicho de otra forma, es el área de captación de agua de un Río.

Sub Cuenca

Vásquez V. A., “Manejo de Cuencas Altoandinas”, Nos dice: Es el área determinada en función del grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la subcuenca los cursos de agua de 4° y 5° orden. En tanto al área referencial para las diferentes unidades hidrográficas, a la subcuenca se le da un área que oscila entre los 5000 a 50000 has.

Microcuenca

Vásquez V. A. Nos dice: Área determinada en función del grado de ramificación de los cursos de agua, correspondiendo a la microcuenca los cursos de agua de 1°, 2° y 3° orden.

En tanto al área referencial para las diferentes unidades hidrográficas, a la subcuenca se le da un área que oscila entre los < 5000 has.

Delimitación de una Cuenca

Para la Delimitación de una Cuenca se necesita un Plano o mapa sobre el cual se traza una línea imaginaria que divida a las cuencas adyacentes y distribuya el escurrimiento originado por la precipitación que en cada sistema de corriente fluye hacia el punto de salida de la cuenca. El parte aguas está formado por los puntos de mayor nivel topográfico y cruza las corrientes en los puntos de salida (Estaciones de Aforo). A continuación, mencionaremos algunas consideraciones a tener en cuenta para la delimitación de una cuenca hidrográfica:

Nº 1. La divisoria debe cortar ortogonalmente las curvas de nivel.

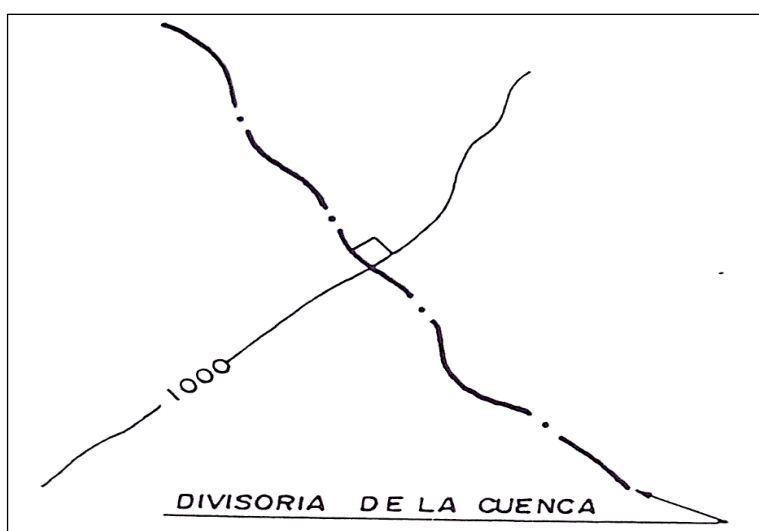


Figura 9: Divisoria de una cuenca (Claudio Vásquez Fernández, 2001).

Nº 2. Cuando la Divisoria va disminuyendo su altitud debe cortar las curvas de nivel en su parte cóncava.

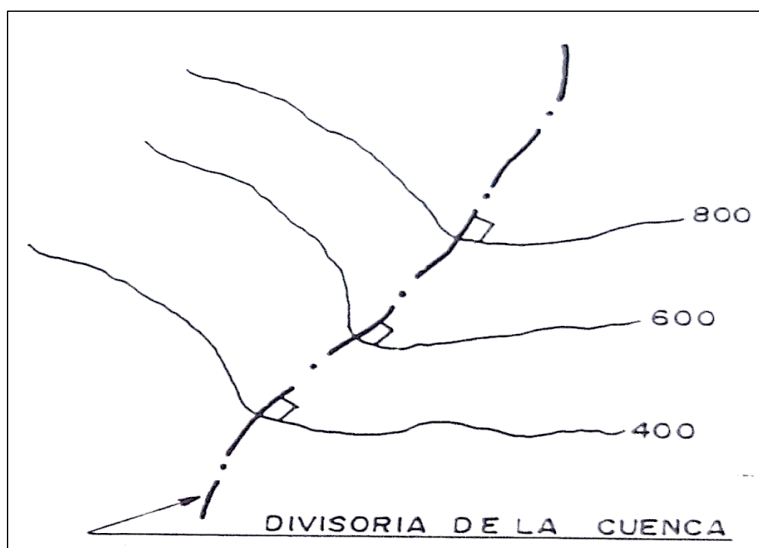


Figura 10: Divisoria de una Cuenca (Claudio Vásquez Fernández, 2001).

N° 3. Cuando la divisoria va aumentando su Altitud debe cortar las curvas de nivel por su parte convexa.

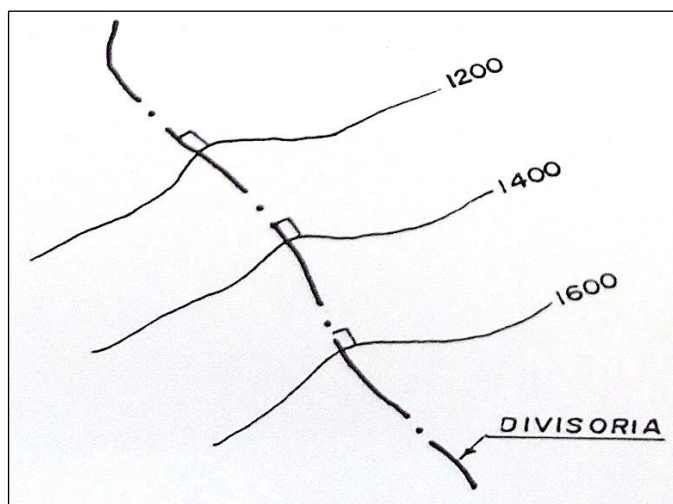


Figura 11: Divisoria de una Cuenca (Claudio Vásquez Fernández, 2001).

N° 4: La línea Divisoria no debe cortar ningún cauce de agua, hasta el sitio donde queremos estudiar el río.

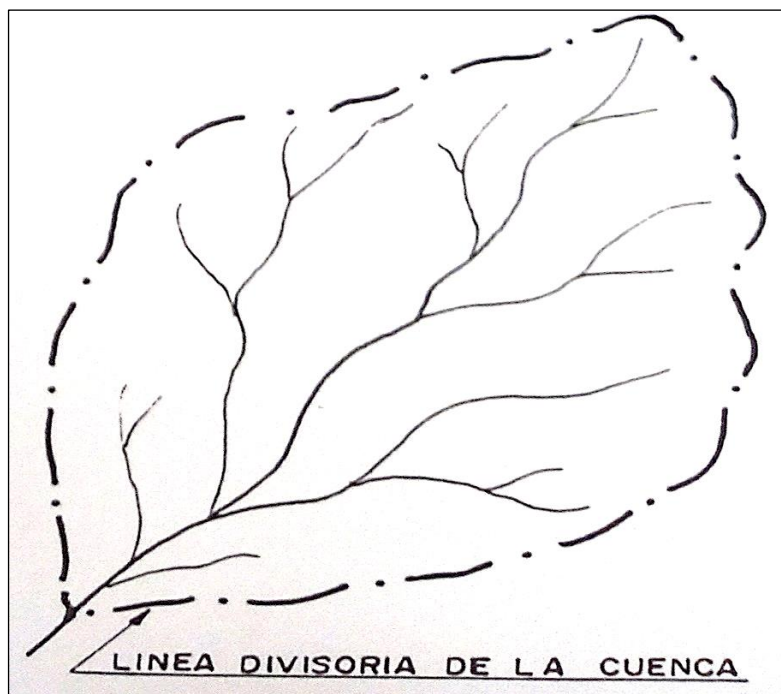


Figura 12: Divisoria de una Cuenca (Claudio Vásquez Fernández, 2001)

La información digitalizada de los Planos o Mapas que se deseen utilizar los podemos descargar de páginas como GEO GPS PERU o de Global Mapper entre otras, al tener dicha información podemos generar curvas de nivel cada 20 o 50 metros y así delimitar la microcuenca con el apoyo de softwares como el AutoCad Civil 3D o ArcGIS, teniendo en cuenta el criterio necesario al momento de diseñar el trazo.

Cálculo De Área De Una Cuenca

Para determinar el área de una cuenca se utilizan métodos manuales y Digitales con la ayuda de software como el AutoCAD o ArcGIS. Se trabajó en este caso con Arcgis:

Se debe seleccionar la figura en la capa “layers” y allí ver la tabla de atributos del Elemento usando la opción “Open Attribute Table”. Creamos una columna nueva usando en la barra de Menú de la tabla de atributos la opción “Add Field”. Se activa la opción start editing.

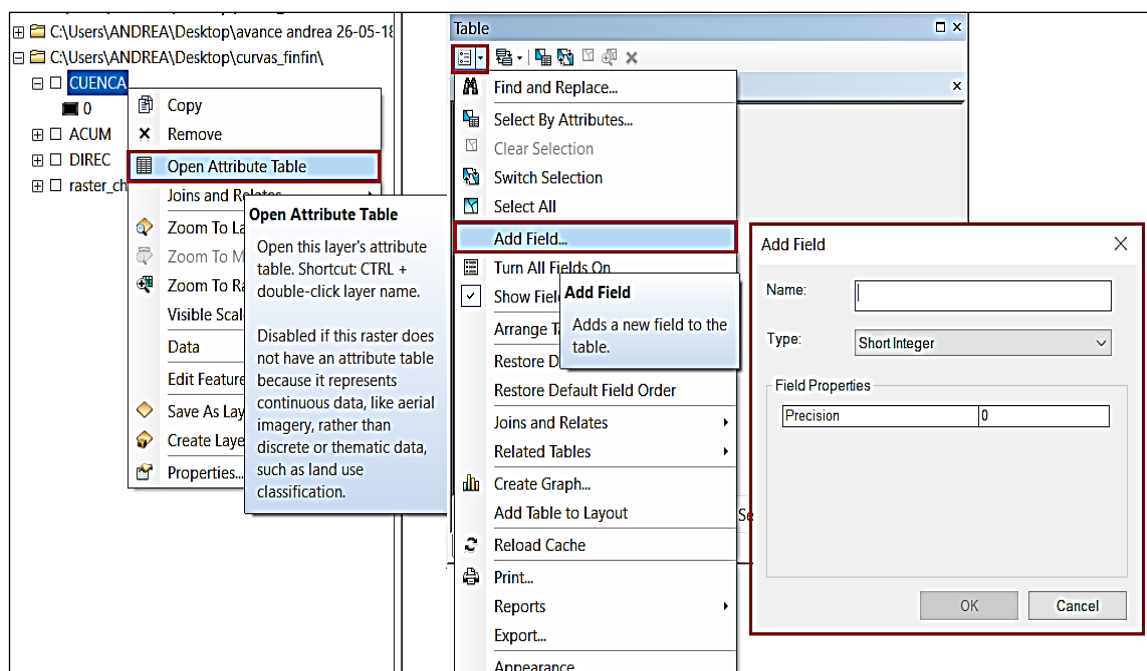


Figura 13: Creación de campo para el cálculo de áreas en ArcGIS. (Autor).

Finalmente, hacemos click derecho sobre el nuevo campo, hacemos click en la opción “Calculate Geometry” y luego seleccionamos “Área” y las unidades respectivas.

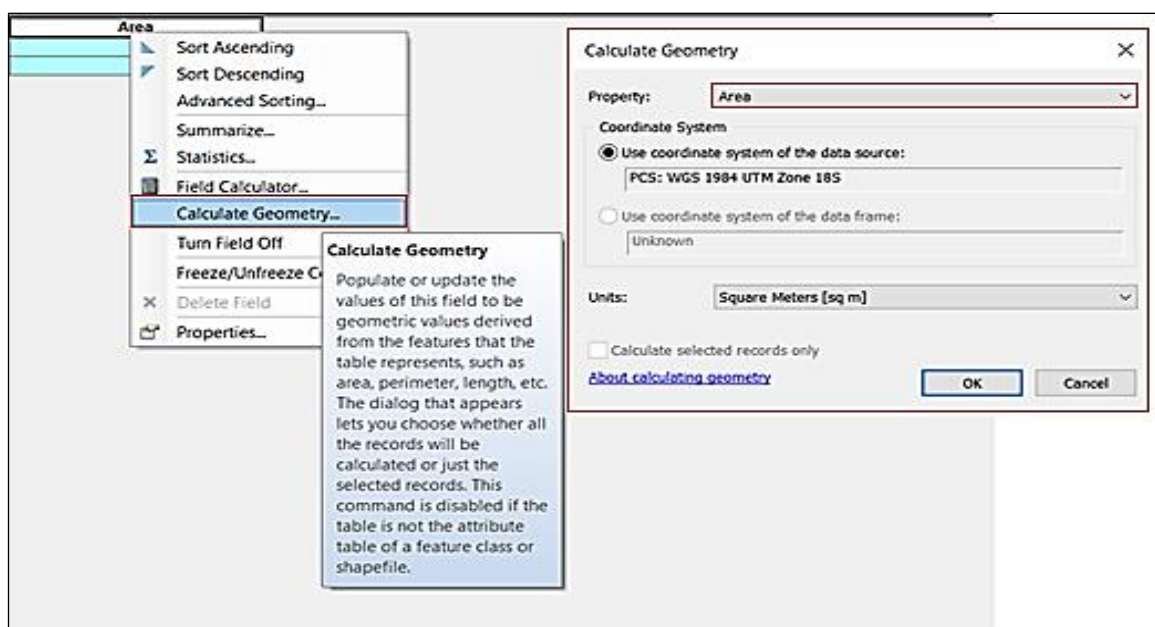


Figura 14: Creación de campo para el cálculo de áreas en ArcGIS. (Autor).

Cálculo del Perímetro de una Cuenca

Para el perímetro de la cuenca podemos determinarlo por métodos manuales como son el uso de hilo pabilo o el uso de curvímetero y por métodos digitales con el apoyo de softwares como el AutoCad (simplemente click en el trazo y visualizar su longitud (length) como perímetro) y en ArcGIS (crear una polilínea que encierre todo el objeto y visualizar el valor de longitud.)

En el caso de ArcGIS, se sigue el mismo proceso que para el Cálculo de Área, cambiando el valor geométrico que se desea obtener de Área por Perímetro.

Cálculo de Parámetros Geomorfológicos

Curva Hipsométrica

Es la curva que, puesta en coordenadas rectangulares, representa la relación entre la altitud y la superficie de la cuenca que queda sobre esa altitud. Para construir la curva hipsométrica, se utiliza un mapa con curvas de nivel, siendo el proceso:

1. Se marcan subáreas de la cuenca siguiendo las curvas de nivel.
2. Se determinan estas subáreas.
3. Se determinan las áreas acumuladas de estas porciones.
4. Se determina el área acumulada que queda sobre cada altitud del contorno.

Se plotean las altitudes, versus las correspondientes áreas acumuladas que quedan sobre estas altitudes.

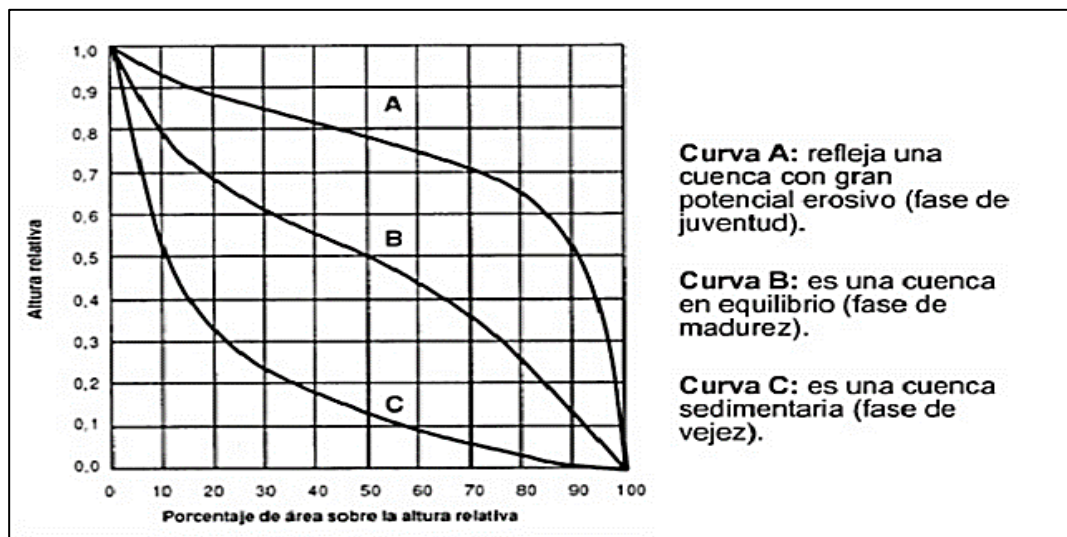


Figura 15: Curva Hipsométrica (Universidad Autónoma de Querato).

Curva o Polígono de Frecuencias de Altitudes

La curva o polígono de frecuencia de altitudes no es más que representar gráficamente en porcentajes la relación entre áreas ocupadas y sus altitudes, y viene a ser una representación gráfica de 2 elementos de la curva hipsométrica.

Con la interpretación de esta curva, se pueden obtener las siguientes altitudes características:

a) Altitud Media: Es la ordenada media de la curva hipsométrica, en ella, el 50% del área de la cuenca, está situado por encima de esa altitud y viceversa.

b) Altitud más Frecuente: Es el máximo valor en porcentaje de la curva de frecuencia de altitudes.

c) Altitud de Frecuencia Media: Es la altitud correspondiente al punto de abscisa media de la curva de frecuencia de altitudes.

Índice o Factor de Forma de una cuenca

Villón Máximo, “Hidrología Estadística”, Instituto Tecnológico de Costa Rica, 1993.

Nos dice: Expresa la relación entre el ancho promedio de la cuenca y la longitud del curso principal, ambos datos en kilómetros, es decir:

$$F = \frac{\text{ancho}}{\text{longitud}} = \frac{B}{L}$$

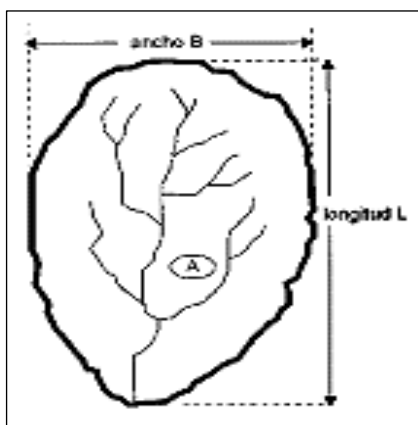


Figura 16: Factor de Forma (Villon Vejar).

Suponiendo la cuenca de forma rectangular:

$$F = \frac{B * L}{L * L} = \frac{A}{L^2}$$

Interpretando esto, si una cuenca tiene un F , existe una mayor posibilidad de tener una tormenta intensa simultánea, sobre toda la extensión de la cuenca.

Por el contrario, si la cuenca tiene un F menor, tiene menos tendencia a concentrar las intensidades de lluvias, que una cuenca de igual área, pero con F mayor.

Índice de Compacidad (Índice de Gravelious)

Villón Máximo, Nos dice que: sabemos que este índice, relaciona el perímetro de la cuenca con un perímetro referente a una circunferencia cualquiera.

La fórmula para calcularla se expresa como:

$$K = 0.28 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Debido a esto, el índice de compacidad trata de expresar la influencia del perímetro y el área de una cuenca en la escurriencia, particularmente en las características del hidrograma. Si $K=1$, la cuenca será de forma circular, mientras que valores mayores a 1 son cuencas alargadas.

Rectángulo Equivalente

Villón Máximo, Nos dice: Se define como una transformación geométrica, que, permite representar a la cuenca, de su forma heterogénea, con la forma de un rectángulo, que tiene la misma área y perímetro (y por lo tanto el mismo índice de compacidad o índice de Gravelious), igual distribución de alturas (y por lo tanto igual curva hipsométrica), e igual distribución de terreno, en cuanto a sus condiciones de cobertura.

En este rectángulo, las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas al lado menor, siendo estos lados, la primera y última curvas de nivel.

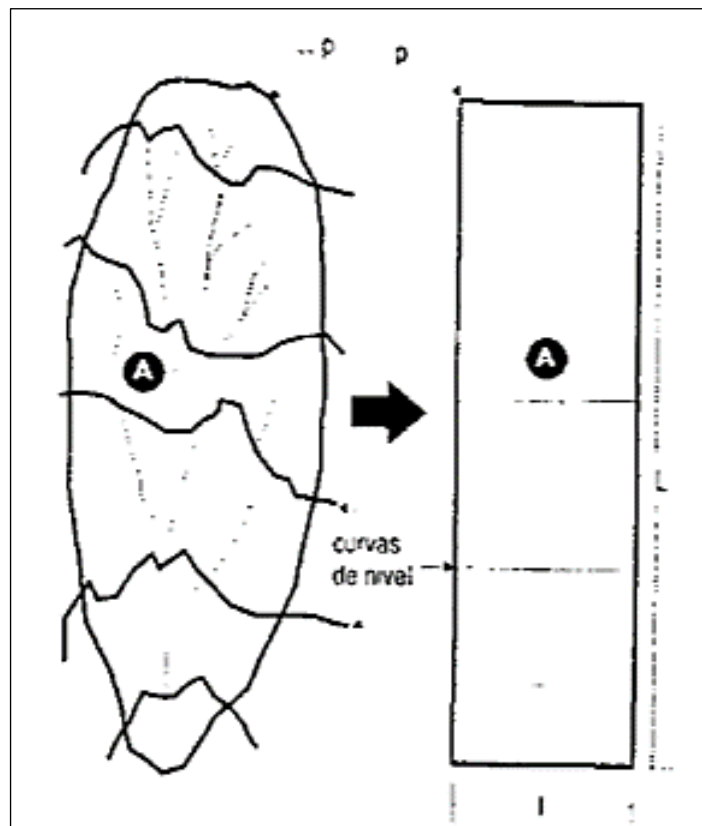


Figura 17: Representación y Concepción del Rectángulo Equivalente (Villón,2002).

Para calcular los lados del rectángulo (menor y mayor), se parte de las condiciones ya vistas anteriormente hasta llegar a una igualdad de termino general para la raíz cuadrada de un binomio, lo cual se resume en la siguiente expresión:

$$L = \frac{K\sqrt{A}}{1.12} \left(1 \pm \sqrt{1 - \frac{1.12^2}{K}} \right)$$

Si reemplazamos el valor del Índice de compacidad en la formula antes citada, la formula se simplifica a una relación de Área y Perímetro, valores calculados anteriormente.

$$L = \frac{P}{4} \pm \sqrt{\frac{P^2}{4} - A}$$

El valor positivo es para el lado de longitud mayor, y el valor negativo para el lado de longitud menor.

Índice de Pendiente

El índice de pendiente, es una ponderación que se establece entre las pendientes y el tramo recorrido por el río. Con este valor se puede establecer el tipo de granulometría que se encuentra en el cauce.

Se calcula con la siguiente expresión:

$$I_p = \sum_{i=2}^n \sqrt{\beta_i(a_i - a_{i-1})} * \frac{1}{\sqrt{L}}$$

Donde:

I_p = Índice de pendiente

n = número de curvas de nivel existentes en el rectángulo equivalente

a_1, a_2, \dots, a_n = cotas de las n curvas de nivel consideradas (km)

$$\beta_i = \frac{A_i}{A_T}$$

L = Longitud del lado mayor del rectángulo equivalente

Pendiente de la Cuenca

Villón Máximo, Nos dice: Este parámetro tiene varias formas de ser calculado, por lo tanto para efectos de esta tesis, citaremos y haremos uso de los 2 métodos o criterios más utilizados, siendo estos:

a) Criterio de Alvord. - Este criterio consiste en el cálculo de pendientes de cada faja de la cuenca (en las curvas de nivel). Se aplica la siguiente formula:

$$S = \frac{D_1 l_1 + D_2 l_2 + \dots + D_n l_n}{A}$$

Si en cambio sabemos que El desnivel D es constante, y la sumatoria de las longitudes “ l ” de cada faja es “ L ”, obtenemos una formula diferente (sólo para este caso).

$$S = \frac{DL}{A}$$

b) Criterio de del Rectángulo Equivalente. - El criterio consiste en calcular el Índice de Pendiente como se describió anteriormente.

Perfil Longitudinal del Curso de Agua

Villón Máximo, Nos dice: Es el resultado de graficar la proyección horizontal de la longitud del cauce contra la altitud del mismo.

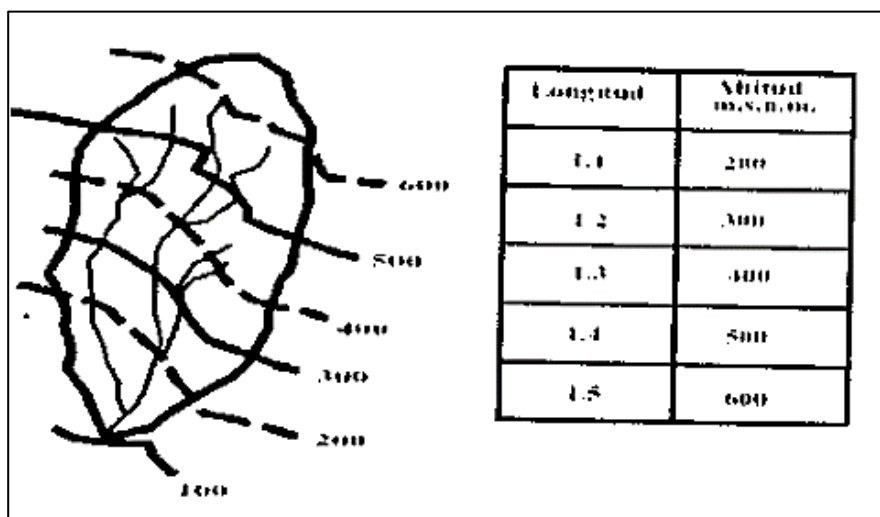


Figura 18: Representación gráfica de una Cuenca seccionada por fajas. (Villon,2002).

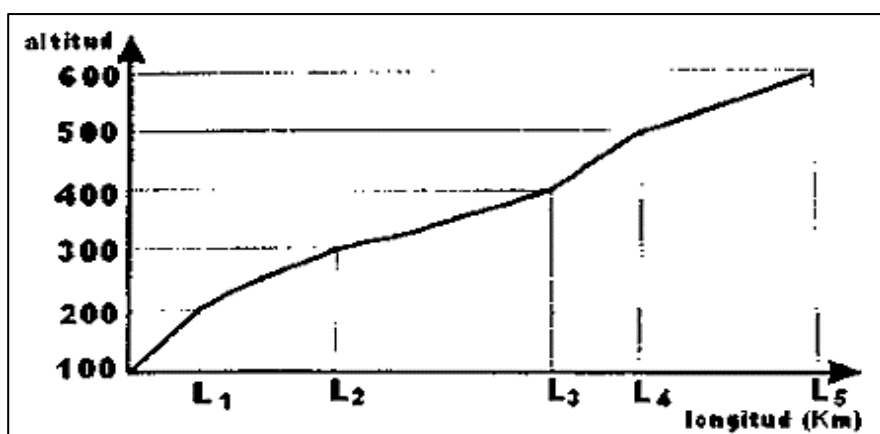


Figura 19: Perfil Longitudinal del Curso de Agua. (Villon,2002).

Para graficarla necesitamos calcular la Pendiente Media del Río Esto es:

$$J = \frac{HM - Hm}{1000 * L}$$

Donde:

J = Pendiente media del Río

L = Longitud del Río (km)

HM = Altura Máxima del Curso (m)

Hm = Altura mínima del Curso (m)

Declive Equivalente Constante. - Metodología empleada para determinar la declividad de un curso de agua tomando como referencia su perfil longitudinal. ⁽³¹⁾ Este método asume

que el tiempo de traslado varía en toda la extensión del curso de agua con la Inversa de la raíz cuadrada de la declividad.

$$T_m = \frac{1}{S^2} \rightarrow T_m = \sum_{i=1}^n \frac{L_i * t}{L}$$

Donde:

S = Declive Equivalente Constante

T_m = Tiempo medio de Traslado

L_i = Longitud Parcial de un tramo del perfil entre curvas de nivel

t = Recíproco de la raíz de la declividad parcial del perfil

L = Longitud más larga del Río (km)

Pendiente del Cauce

Villón Máximo, Nos dice: El método de Taylor y Schwarz considera al cauce como un conjunto formado por “n” tramos de igual longitud con una pendiente uniforme, tal que se cumple la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{n}{\frac{1}{\sqrt{S_1}} + \frac{1}{\sqrt{S_2}} + \dots + \frac{1}{\sqrt{S_n}}} \right)^2$$

Sabemos de topografía, que la pendiente de un tramo se define como la relación desnivel-longitud, entonces tenemos que la pendiente “Si” equivale a:

$$S_i = \frac{H}{L}$$

Por último, en casos prácticos y más generales, cuando los tramos sean de longitudes diferentes, se recomienda usar la siguiente ecuación:

$$S = \left(\frac{\sum_{i=1}^n L_i}{\sum_{i=1}^n \frac{L_i}{S_i^2}} \right)^2$$

Red de Drenaje

Villón Máximo, Nos dice: Se refiere a las trayectorias o al arreglo que guardan entre sí, los cauces de las corrientes naturales dentro de ella. Es otra característica importante en el estudio de una cuenca, ya que manifiesta la eficiencia del sistema de drenaje en el escurrimiento resultante, es decir, la rapidez con que se desaloja la cantidad de agua que recibe. La forma de drenaje, proporciona también indicios de las condiciones del suelo y de la superficie de la cuenca.

Clases de Corrientes

Las corrientes pueden ser:

- a) **Efímeras.** - Se presentan sólo cuando llueven y llevan agua hasta que cesa la lluvia, inmediatamente después permanecen secas el resto del tiempo hasta que ocurra otra lluvia. El nivel freático se encuentra siempre por debajo del nivel del cauce.
- b) **Intermitente.** - Estas corrientes llevan agua la mayor parte del año, sobre todo en épocas de lluvia. La presencia del agua en el cauce se debe a que la napa freática se ubica por encima del fondo del cauce.
- c) **Permanentes.** - Estas corrientes llevan agua todo el año, pues en épocas que no llueve y aún en sequia siempre conducen agua debido a que el nivel freático siempre se encuentra por encima del fondo del cauce.

Orden de las Corrientes

El orden de las corrientes corresponde a una clasificación que está en función al grado de bifurcación dentro de la cuenca. El procedimiento de clasificación consiste en:

1. Se considera corriente de orden una, a aquella que no contiene tributario.
2. Se procede a numerar como corriente de orden 2 a aquellas que contienen uno o más tributarios de orden uno.
3. Se considera de orden tres a aquellas corrientes que contienen dos o más tributarios de orden dos.
4. Se continúa con esta tipología para los siguientes órdenes.

Longitud de los Tributarios

Indican medidas de estos que se pueden obtener como si se midiera el perímetro de la cuenca. Para esto se hace uso del método del hilo pabilo, o simplemente se mira las propiedades del dibujo del río, lago o quebrada en digital por medio de softwares como ArcGIS o AutoCAD.

Coefficiente de Tortuosidad

Villón Máximo, Nos dice: Para el cálculo de este factor se tiene en cuenta la siguiente formula:

$$k = \frac{L_a}{L_r}$$

Donde:

L_a = Longitud aparente, medida recta entre puntos más alejados del cauce

L_r = Longitud real, medida del cauce principal y agregado los tributarios

El coeficiente de tortuosidad tiene la importancia de definir si el río es muy curvo (con presencia de meandros) o es regular.

Un coeficiente de valor “k” = 1, indicaría un coeficiente regular, valores menores indican que el río es irregular y su grado de curvatura.

Densidad de Corriente

Villón Máximo, Nos dice: Es la relación entre el número de corrientes y el área drenada, es decir:

$$D_c = \frac{N_c}{A}$$

Donde:

D_c = Densidad de Corriente

N_c = Número de corrientes permanentes e intermitentes

A = Área total de la cuenca, en km^2

Densidad de Drenaje

Es la relación entre la longitud de las corrientes y el área de la cuenca, que intenta indicar la naturaleza de los suelos contenidos en la cuenca. ⁽³⁷⁾ Para valores elevados se entiende la ausencia de abundante vegetación, y valores bajos, indican suelos duros. Se expresa como:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Donde:

D_d = Densidad de Drenaje

L = Longitud de las Corrientes

A = Área total de la cuenca, en km^2

Extensión Media de Esguerrimiento Superficial (Ex)

Es la distancia media que el agua de lluvia tendría que escurrir sobre los terrenos de una cuenca, en caso de que la esgurrentía se diese en línea recta desde donde la lluvia cayó hasta el punto más próximo al lecho de una corriente cualquiera de la cuenca. ⁽³⁸⁾. Su valor está dado por la siguiente relación:

$$E_x = \frac{A}{4L}$$

Donde:

E_x = Extensión Media de Esguerrimiento Superficial

L = Longitud de los cursos de agua (km)

A = Área total de la cuenca, en km^2

1.5.2.2 Precipitación

a) Análisis de Consistencia y Homogeneidad de datos Hidrometeorológicos

Mejía M. Abel Nos dice: Inconsistencia es un sinónimo de error sistemático y se presenta como saltos y tendencias, y no homogeneidad es definido como cambios de los datos vírgenes como el tiempo debido a la acción del hombre o causas naturales como movimiento de las estaciones en una distancia horizontal, movimiento en una distancia vertical y cambios en el medio ambiente de una estación.

Aliaga, V. Nos dice: La inconsistencia en secuencias hidrológicas se presenta como saltos y tendencias, y la no-homogeneidad es definida como en los datos vírgenes con el tiempo. Indica que el procedimiento de análisis para detectar cambios en datos Hidrometeorológicos es el siguiente:

b) Precipitación Efectiva

Vásquez V. A. Nos dice: Es toda forma de agua cuyo origen está en las nubes, y cae a la superficie terrestre en forma de lluvia, granizo, garúa o nieve. En hidrología el tipo de precipitación de mayor importancia es la lluvia, por lo cual es la variable de entrada más significativa en el sistema hidrológico.

Mejía M. Abel Nos dice: Es una variable hidrológica que manifiesta más claramente su carácter aleatorio, variando más drásticamente en el tiempo (variación temporal) y en el espacio (variación espacial). Es común que, en un determinado periodo de tiempo, mientras que en una zona ocurre una lluvia, en otra zona próxima no hay precipitación ninguna. La forma más común y la que mayor interés tiene en la ingeniería, es la lluvia que viene a ser la causa de los más importantes fenómenos hidrológicos su cuantificación correcta es uno de los desafíos que el hidrólogo o el ingeniero enfrentan.

c) Método de Cálculo

En general la altura de la precipitación que cae en un sitio dado difiere de la que cae en los alrededores, aunque sea en sitios cercano. Los Pluviómetros registran la lluvia puntual, es decir, la que se produce en un punto en el que está instalado el aparato. Para muchos problemas hidrológicos se requiere conocer la altura de la precipitación media de una zona, la cual puede estar referida a la altura de la precipitación diaria, mensual, anual, media mensual, media anual

Altura de precipitación diaria: es la suma de las lecturas observadas en un día.

Altura de precipitación media diaria: es el promedio aritmético de lecturas diarias.

Alturas de precipitación mensual: es la suma de las alturas diarias ocurridas en un mes.

Altura de precipitación media mensual: es el promedio aritmético de las alturas de precipitación mensual, correspondiente a un cierto número de meses.

Altura de precipitación anual: Suma de alturas de precipitación mensual en un año.

Alturas de precipitación media anual: Promedio aritmético de las alturas de precipitación anual, correspondientes a un cierto número de años.

Los métodos de cálculo son:

Método Aritmético

Villón Máximo Nos dice: Consiste en obtener el promedio aritmético de las alturas de precipitaciones registradas, de las estaciones localizadas dentro de la zona, la precisión de este criterio depende de la cantidad de estaciones disponible, de la forma en como están localizadas y de la distribución de la lluvia estudiada. Es un método sencillo que solo da resultados buenos cuando se trabaja con mayores cantidades de pluviómetros.

Método de Polígono de Thiessen

Villón Máximo Nos dice: Para este método, es necesario conocer la localización de las estaciones en la zona bajo estudio, ya que para su aplicación se requiere delimitar la zona de influencia de cada estación, dentro del conjunto de estaciones. El método consiste en:

Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca, luego unir las estaciones formando triángulos, procurando en lo posible que estos sean acutángulos (Ángulos menores de 90°)

Trazar las mediatrices de los lados de los triángulos formando polígonos y definir el área de influencia de cada estación, cada estación quedara rodeada por las líneas del polígono (En algunos casos en parte por el parteaguas de la cuenca). El área encerrada por los polígonos de Thiessen y el parteaguas será el área de influencia de las estaciones correspondientes.

Calcular el área de cada estación y finalmente calcular la precipitación media, como el promedio pesado de las precipitaciones de cada estación, usando como peso el área de influencia correspondiente.

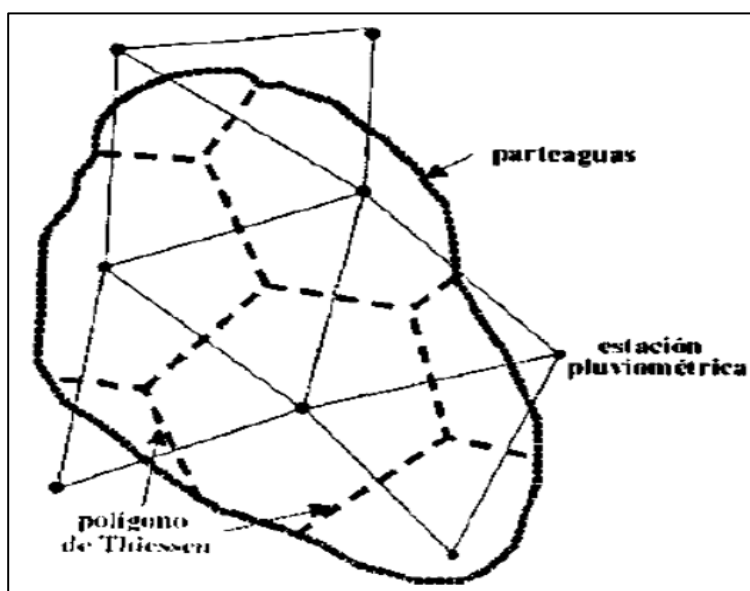


Figura 20: Polígono de Thiessen. (Villon,2002).

Método de las Curvas Isoyetas

Villón Máximo Nos dice: Para este método se necesita un plano de isoyetas de la precipitación registrada, en las diversas estaciones de la zona en estudio. Las isoyetas son curvas que unen puntos de igual precipitación, este método es el más exacto, pero requiere de un cierto criterio para trazar el plano de isoyetas, se puede decir que, si la precipitación es de tipo topográfico, las isoyetas tendrán a seguir una configuración parecidas a las curvas de nivel. Por supuesto entre mayor sea el número de estaciones dentro de la zona de estudio, mayor será la proximidad con lo cual se trace el plano de isoyetas, el método consiste en: Ubicar las estaciones dentro y fuera de la cuenca, luego trazar las isoyetas, interpolando las alturas de precipitación entre las diversas estaciones, de modo similar a como se trazan las curvas de nivel. Finalmente, hallar las áreas entre cada 2 isoyetas seguidas.

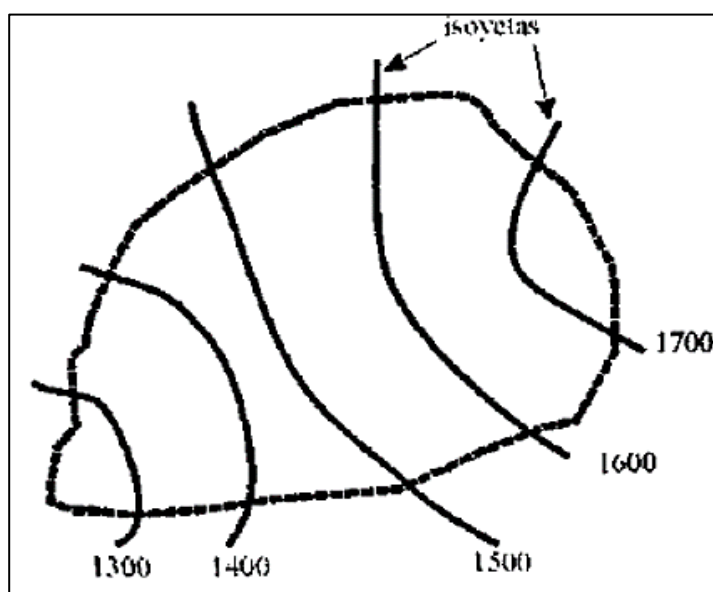


Figura 21: Isoyetas (Villon,2002).

Requisitos de la Información

El uso de la información hidrometeorológica demanda ciertos requisitos, los cuales son:

1. Extensión: La información no debe ser menor de 10 años.
2. Confiabilidad: La información debe provenir de una fuente especializada y profesional en la obtención de estos datos.
3. Completa: La información no debe tener vacíos.

Resolución de Datos Faltantes

Si bien es cierto, existen muchos métodos para realizar el llenado de datos faltantes, en esta tesis haremos un enfoque únicamente en la regresión lineal y sólo por cuestiones académicas, ya que nuestra Data se encuentra completa en su totalidad.

Para calcular el coeficiente de correlación, se usa la siguiente formula estadística:

$$r = \frac{nxy - xy}{(nx^2 - x^2)(ny^2 - y^2)}$$

Donde:

x = Estación con datos completos

y = estación con datos faltantes

r = coeficiente de correlación

n = número de datos

Aplicamos la Ecuación de Regresión Lineal (sólo si r es mayor al 60%) siguiendo las siguientes expresiones:

$$Y = a + bX \quad b = \frac{n \sum XY - \sum X \sum Y}{n \sum X^2 - (\sum X)^2} \quad a = \frac{\sum Y - b \sum X}{n}$$

Análisis de doble masa

Villón Máximo Nos dice: Se basa en el hecho de que las estaciones de una zona homogénea, deben registrar un régimen similar, es decir una precipitación determinada afectara igualmente a todas las estaciones de la zona. El método consiste en generar una tabla con valores promedio y acumulados para una estación modelo o estación de estudio y una o más estaciones de referencia. Al completarse los datos (anuales) se plotean los mismos para generar una polilínea y verificar que la pendiente no varié demasiado entre las estaciones.

1.5.2.3 Otros Factores del Balance Hídrico

Evapotranspiración

Monsalve S. German. Nos dice: Es el conjunto de los fenómenos de evaporación y transpiración.

Evapotranspiración Potencial. - Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada por evaporación y por transpiración de las plantas, que ocurriría en el caso de que hubiera un adecuado abastecimiento de humedad de agua al suelo en todo momento.

Evapotranspiración Real. - Pérdida de agua observada en una superficie líquida o sólida saturada, en las condiciones reinantes atmosféricas y de humedad del suelo, por fenómenos de evaporación y de transpiración de las plantas.

La cantidad de vapor de agua que transpira una planta, varía día a día con los factores ambientales que actúan sobre las condiciones fisiológicas del vegetal y determinan la rapidez con que el vapor del agua se desprende de la planta, siendo los principales: Radiación solar, Humedad relativa, Temperatura y Viento.

Existen diversos métodos para calcular la Evapotranspiración divididos en 2 grupos: Los métodos directos como el Atmómetro de Livingstone y el Método gravimétrico; y los métodos indirectos o empíricos como el Método de Thornthwaite, Método de Turc, Método de Blaney y Criddle, Método racional de la curva de Hansen, Método de Grassi y Christensen, Método del Tanque evaporímetro tipo “A” y el Método de Penman simplificado. Los métodos empleados para esta Tesis fueron Coutagne, Thornthwaite y Turc. Las formulas respectivas se pueden ver en los cuadros de resultados.

Infiltración

Chávez Díaz Rosendo. Nos dice: Es la cantidad de lluvia absorbida que cae al suelo, en parte por este y la cantidad infiltrada dependerá de las características de suelo y subsuelos y sus condiciones durante el proceso de penetración del agua y su transmisión dentro de los estratos receptores. Por lo general, en la ecuación del Balance Hídrico, y dependiendo de la escala temporal del análisis (anual), este valor se asume que su variabilidad es mínima (0).

Almacenamiento o Capacidad de Retención de Agua

Aparicio M. Francisco Nos dice: Es la capacidad de almacenamiento de un vaso que sirve para regular los escurrimientos de un río, es decir, para almacenar el volumen de agua que escurre en exceso en las temporadas de lluvia para posteriormente usarlo en las épocas de sequía.

Escurrecimiento Superficial

Monsalve S. German. Nos dice: Consiste en la ocurrencia y el transporte de agua en la superficie terrestre. La mayoría de los estudios hidrológicos están ligados al aprovechamiento de agua superficial y a la protección contra los fenómenos provocados por su movimiento. De la precipitación que alcanza el suelo, parte queda retenida. Del exceder de agua retenida, parte se infiltra y parte se escurre superficialmente. Se define como exceso de precipitación la precipitación total caída al suelo menos la retenida e infiltrada. Puede ocurrir que el agua infiltrada venga posteriormente a aflorar en superficie como fuente de una nueva escorrentía superficial. La escorrentía superficial comprende el exceso de precipitación que ocurre después de una lluvia intensa y se mueve libremente por la superficie libre del terreno, y la escorrentía de una corriente de agua, que puede ser alimentado tanto por el exceso de precipitación como por las aguas subterráneas.

1.5.2.4 Balance Hídrico

Vásquez V. A. Nos dice: El Balance Hídrico superficial (BHS) tiene como principio la conservación de la masa y de la ecuación de continuidad. Esta dice que, para cualquier

sistema considerado y durante cualquier periodo de tiempo, la diferencia entre sus entradas y salidas será igual al cambio de volumen de agua en el almacenado. Una forma general de determinar el Balance Hídrico Superficial, para cualquier cuerpo de agua a intervalo de tiempo será a través del uso de la siguiente expresión:

$$P + Q_{si} + Q_{us} - E - ET - Q_{ao} - Q_{uo} - \Delta s - n = 0$$

En forma más detallada y para problemas más específicos los términos de la ecuación pueden subdividirse como:

$$P + Q_{si} + Q_{us} - ET - Q_{ao} - Q_{uo} - \Delta M - \Delta G - \Delta Sch - \Delta Sgl = 0$$

Donde:

P: Precipitación Efectiva.

Q_{si}: Entrada de agua superficial de agua a la Cuenca.

Q_{us}: Entrada de agua subterránea a la Cuenca.

E: Evaporación.

ET: Evapotranspiración.

Q_{ao}: Salida de agua superficial.

Q_{uo}: Salida de agua Subterránea.

Δ_s: Variación de almacenamiento de agua en la cuenca

n: Termino residual de discrepancia, error de medición

ΔM: Variación de almacenamiento de humedad en el suelo y la zona no saturada

ΔG: Variación de almacenamiento en acuífero

ΔSgl: Variación de almacenamiento de lagos y embalses

ΔSch: Variación de almacenamiento en canales de los ríos

ΔSgl: Variación de almacenamiento en glaciales.

Para cálculos de áreas extensas y largos periodos, se recomienda la siguiente ecuación:

$$\langle P \rangle - \langle Q \rangle = \langle ET \rangle + n$$

$$\langle Q \rangle = \langle P \rangle - \langle ET \rangle$$

Caudal o Escorrentía

Una vez estimados los volúmenes de agua que se infiltran mensualmente en cada subcuenca, se establece que el agua restante es la que va a escurrir superficialmente, lo que denominamos caudal o escurrimiento superficial.

Para el cálculo de la escorrentía anual (mm) en las subcuencas y cuenca total se utiliza la expresión matemática que relaciona el caudal y el área de drenaje. Su fórmula es:

$$E = \frac{31,536 * Q}{A}$$

Donde:

$E = \text{Escorrentía (mm)}$

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

$A = \text{Área de drenaje o de la cuenca (km}^2\text{)}$

1.6 Definición de Términos Básicos

Afluente. - corresponde a un curso de agua, también llamado tributario, que no desemboca en el mar, sino en otro río más importante con el cual se une en un lugar llamado confluencia.

Atmósfera. - capa de gas que rodea a un cuerpo celeste. Los gases resultan atraídos por la gravedad del cuerpo, y se mantienen en ella si la gravedad es suficiente y la temperatura de la atmósfera es baja.

Captación. - estructura hidráulica destinada a derivar de un curso de agua parte de su ésta para ser utilizada en un fin específico.

Déficit. - Lo que falta a los ingresos para que se equilibren con los gastos, para que el crédito sea igual al débito, o para que la cantidad de una mercancía sea igual al consumo.

Estiaje. - El estiaje es el nivel de caudal mínimo que alcanza un río o laguna en algunas épocas del año, debido principalmente a la sequía. El término se deriva de estío o verano, debido a que, en la región del Mediterráneo, el estío es la época de menor caudal de los ríos debido a la relativa escasez de precipitaciones en esta estación.

Evapotranspiración. - se define como la pérdida de humedad de una superficie por evaporación directa junto con la pérdida de agua por transpiración de la vegetación. Se expresa en milímetros por unidad de tiempo.

Homogeneidad. – Igualdad o semejanza en la naturaleza o el género de varios elementos; uniformidad en la composición y la estructura de una sustancia o una mezcla.

Infiltración. - proceso por el cual el agua en la superficie de la tierra entra en el suelo.

Precipitación. - Elementos líquidos o sólidos procedentes de la condensación del vapor de agua que caen de la atmósfera o son depositados desde el aire en el suelo.

Radiación. - Es la propagación de energía en forma de ondas electromagnéticas o partículas subatómicas a través del vacío o de un medio material.

Recurso. - Un recurso es una fuente o suministro del cual se produce un beneficio. Normalmente, los recursos son material u otros activos que son transformados para producir beneficio y en el proceso pueden ser consumidos o no estar más disponibles.

Sequía. – La sequía es una anomalía climatológica transitoria en la que la disponibilidad de agua se sitúa por debajo de lo habitual de un área geográfica.

Vertiente. – Vertiente, en geomorfología, es una superficie topográfica inclinada situada entre los puntos altos o puntos culminantes del relieve (picos, crestas, bordes de cerros o mesetas) y los bajos (pies de vertiente, vaguadas o valles, cauces).

1.7 Justificación de la Investigación

El presente proyecto de investigación se encuentra justificado por que el Estudio Hidrológico de la Microcuenca del Rio Shilcayo, contribuirá con proporcionar información técnica que permita en el futura planificar el aprovechamiento del recurso hídrico enmarcado dentro de los principios de la Gestión Integrada de las Recursos Hídricos – GIRH y así, contribuir con el desarrollo socio económico y la satisfacción de las necesidades básicas de agua en los distritos de La Banda de Shilcayo y Tarapoto, puesto que el Rio Shilcayo en la actualidad es una de las fuentes proveedora de dicho recurso.

a) Justificación Teórica

El presente estudio busca, mediante la aplicación de la teoría y los conceptos básicos de Hidrología aplicada a la ingeniería, cuantificar la oferta actual de agua, así como, explicaciones a situaciones actuales favorables y desfavorables en la cual se encuentra la microcuenca Shilcayo a investigar

b) Justificación Metodológica

Para lograr los objetivos del presente trabajo de investigación, se acude al empleo de técnicas de investigación como el cuestionario, la recopilación de información de fuentes confiables y posterior desarrollo en gabinete. Así, los resultados de la investigación se apoyan en técnicas de investigación validas en el medio.

c) Justificación De Viabilidad

Como bien sabemos la gran importancia que tiene el agua en los seres humanos para el desarrollo de las principales actividades que integran a los pueblos y lograr el crecimiento socio económico que, a pesar de las carencias económicas, recursos humanos y de materiales, es de vital importancia para el autor, el compromiso de desarrollar el “Estudio hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico”.

d) Justificación Práctica

El propósito de esta investigación es obtener información que cuantifique y evalúe la importancia del recurso hídrico para su administración y buen manejo, esto generará beneficios a los pobladores que habitan en los alrededores de la microcuenca y ayudara a impulsar la inversión económica y sostenible como resultado de la evaluación de las condiciones reales de este recurso.

1.8 Limitaciones

La investigación del proyecto de tesis pretende desarrollar el “Estudio Hidrológico con fines de aprovechamiento hídrico en la microcuenca del Rio Shilcayo, ubicado en el distrito de La Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín – Región San Martín.”

El estudio hidrológico de la microcuenca del Rio Shilcayo nos permitirá conocer las características fisiográficas de la cuenca, información de precipitación, temperatura, análisis de descargas medias y volúmenes medios del río Shilcayo.

El presente proyecto de tesis se limita exclusivamente al Estudio Hidrológico de la microcuenca Shilcayo referido a cuantificar la oferta de agua, el uso actual y la disponibilidad.

No se cuenta con la Carta Nacional en escala 1/50000 y con curvas a nivel cada 1 metro, que nos ilustre en forma clara el relieve del área de la cuenca.

Las cartas nacionales disponibles del IGN para la zona de estudio se encuentran a escala 1/100,000 con curvas a nivel cada 50 metros, las cuales presentan muchos sectores vacíos (sin información), lo que supone el uso de cartografía alternativa procedente de satélites extranjeros, de uso y descarga libre, la cual será utilizada en el presente trabajo.

El tiempo de realización del proyecto se dentro del Periodo 2017-2018, con información correspondiente al año 2016.

No se cuenta con fotografías aéreas que muestren la configuración del terreno donde está ubicada la microcuenca Shilcayo.

Para completar los datos de ser necesarios nos limitaremos al empleo de métodos estadísticos

Se trabajará con registros de precipitación obtenidos referente al año 2016, proporcionados por el SENAMHI, ya que, debido al tiempo de funcionamiento de algunas estaciones, no se cuenta con datos completos.

CAPITULO II

MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sistema de Hipótesis

2.1.1 Hipótesis

Para el desarrollo de la presente investigación nos planteamos la siguiente hipótesis: “El estudio hidrológico de la microcuenca del río Shilcayo permitirá conocer la oferta del recurso hídrico, su uso actual y la disponibilidad con la finalidad de planificar su aprovechamiento”, que beneficiara a los pobladores que habitan dentro y fuera de la microcuenca, y servirá como base para el desarrollo de otros proyectos que ayudara a impulsar la inversión económica y sostenible, mejora de ingresos en la canasta familiar, con el aumento del turismo, mejor salud y educación.

2.2 Sistema de Variables

2.2.1 Variable Independiente

Parámetros Hidrometeorológicos, son los valores que comprenden a los fenómenos atmosféricos que intervienen dentro de la Microcuenca. Entre ellos están la precipitación (en mm), la Temperatura (en °C), la Radiación Solar y Horas de Luz, La humedad relativa y la velocidad del viento. Los recauda la entidad pertinente (SENAMHI)

2.2.2 Variable Dependiente

Caudales Medios Mensuales, son los valores que se esperan obtener al aplicar la metodología de estudio a los parámetros hidrometeorológicos brindados por SENAMHI y se expresan en MMC, l/s o m³/s. Sirven como punto de control para reconocer el estado actual de la microcuenca.

2.3 Tipo de Método de Investigación

La investigación a realizar en este estudio es de tipo APLICATIVO. Puesto a que se cuenta con la utilización de una sola variable, con un grupo de datos de control y la utilización de teorías descritas en el Marco Teórico, así como la selección estadística de los datos brindados y la presentación de resultados en gráficas y tablas.

En el marco de niveles que identifican a una investigación, el presente estudio desarrollara el nivel Explicativo, porque tiene como propósito determinar la relación Causa ‘Efecto que existe entre las variables.

El presente proyecto se desarrolló entre los periodos 2017 – 2018, utilizando los datos con un récord de 15 años, es decir desde el año 2002 hasta el año 2016.

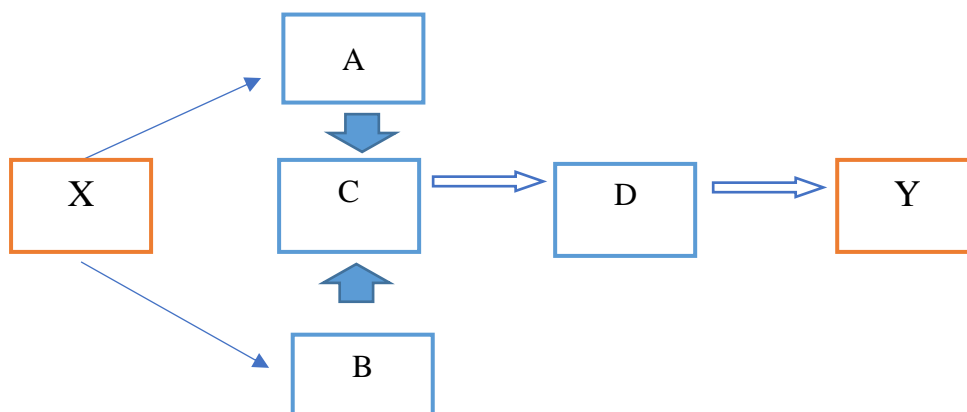


Figura 22: Esquema de Metodología de la Investigación, (Autor).

X: Situación inicial problematizada que requiere la intervención de estudio.

A: Reconocimiento del lugar por medio del estudio de campo.

B: Recopilación de información y datos a investigar.

C: Aplicación de técnicas y estudios ingenieriles para la solución de problema.

D: Estudios de hidrología, de compatibilidad de procesos y alternativas que respaldan la toma de decisión para definir la alternativa de solución.

Y: Resultado de la intervención que presenta la alternativa de solución del estudio definitivo.

2.3.1 Área de Estudio

El área de estudio está conformada por la microcuenca del Río Shilcayo, abarcando el Distrito de la Banda de Shilcayo en su totalidad, así como el área de conservación de Alto Shilcayo.

2.4 Diseño de Investigación

2.4.1 Materiales

01 Computadora portátil

01 Impresora

01 Plotter

01 Escritorio de trabajo

01 calculadoras científicas

02 Lapiceros y/o Lápiz

01 Mesa para Planos

01 Regla

2.4.2 Equipos de Oficina

Carta Nacional a escala 1: 100,000 del IGN

Papel bond A-4

Archivos Digital Cuadrante 13-k

Archivos Digital Cuadrante 14-k

Archivo Digital del Proyecto Huallaga para Temperatura Media mensual, Mínima, Máxima e información meteorológica variada por 10 años.

Softwares digitales como Excel, Arcgis y Autocad.

2.4.3 Fuentes Técnicas

En el proceso de investigación tanto en gabinete como en laboratorio se utilizarán las técnicas de observación, procesamiento y manejo de información hidrometeorológica.

Para la investigación documental se utilizará textos, libros, revistas especializadas en el tema y artículos científicos de la biblioteca especializada de la FIC – UNSM o de fuentes particulares, así como información del SENAMHI, IGN, Etc.

También se hará uso de la biblioteca virtual, normatividad y reglamentos específicos también se utilizó Bibliografía variada y adecuada para la investigación, las cuales se mencionó en el marco teórico y en las referencias bibliográficas.

2.4.4 Instrumentos de Recolección de Datos

Se hará uso de los libros, revistas y artículos científicos que traten del tema en forma general y puntual: La Carta Nacional brindada por el Instituto Geográfico Nacional (IGN) cuadrante 13-k y 14-k y también de la biblioteca virtual agenciándonos de páginas afines como GEO GPS PERU y INGENMET e investigaciones hechas que tengan relación con el tema.

Para los datos estadísticos pluviométricos brindados por el SENAMHI de forma virtual (previa autorización brindada para su uso académico) de manera virtual, Otros datos fueron obtenidos de estudios anteriores de consultoras que también utilizaron datos del SENAMHI, como la temperatura.

2.4.5 Procesamiento de la información

Primero se realizó la recopilación de información disponible del área de estudio (planos y datos pluviométricos) la cual sirvió de base y orientación para la planificación y, organización de trabajo de gabinete. Se realizó una vista de campo, cuya importancia respecto al momento de su ejecución es relativa, con el fin de contrastar datos empíricos.

Por último, se ordenó la información, y se completó la faltante en el trabajo de gabinete, así como se buscó digitalizar información como planos para un mejor cálculo.

a) Presentación de Datos

Se realizará mediante informes de datos recolectados del Senamhi y mapas digitalizados respecto a la microcuenca. Se buscó información que sea confiable, ordenada y extensa.

b) Metodología de Análisis de Datos

Se trabajará en base a metodologías de campo y en gabinete, en la primera se recopilará información de la zona e información existente, mapas cartográficos del IGN, información meteorológica de SENAMHI, en la segunda también se hará uso de software que faciliten el procesamiento de datos. Se utilizarán métodos determinísticos.

Para el desarrollo se utilizó el método de Análisis de Doble Masa, para la precipitación se utilizó la teoría ya mencionada en el marco teórico. En el caso de la temperatura se trabajó con curva isoterma y para terminar se realizó el Balance Hídrico.

c) Validez de la Información

La información cartográfica física fue obtenida del IGN, pero para su desarrollo digital se descargó de páginas virtuales que nos brindan información satelital como son Google Earth y Global Mapper. Respecto a la nubosidad presente en la carta digital se procedió a completar las curvas de nivel del cuadrante 13-k y 14-k. La información hidrometeorológica fue obtenida de directamente del SENAMHI. Se sometió la información a un análisis de Doble Masa para verificar el grado de confiabilidad de las estaciones. Pese a que la información obtenida es de 20 años, se decidió trabajar sólo con 15 años, debido a la falta de datos en la estación Tarapoto por su periodo de funcionamiento.

d) Información Cartográfica

Para el presente trabajo de tesis se han utilizado dos hojas de la Carta Nacional a escala 1/100000, obtenidas del Instituto Geográfico Nacional (IGN), así tenemos:

Tabla 4

Información Cartográfica

TARAPOTO	LAGUNA DE SAUCE
1658	1657
(13 – K)	(14 – K)

Fuente: (Autor).

El análisis de la información cartográfica se desarrolló con los softwares de AutoCAD Civil 3D, AutoCAD 2017 y ArcGIS (ArcMap 10.5).

La data digital fue reformada por defectos de nubosidad utilizando el programa Global Mapper y Google Earth.

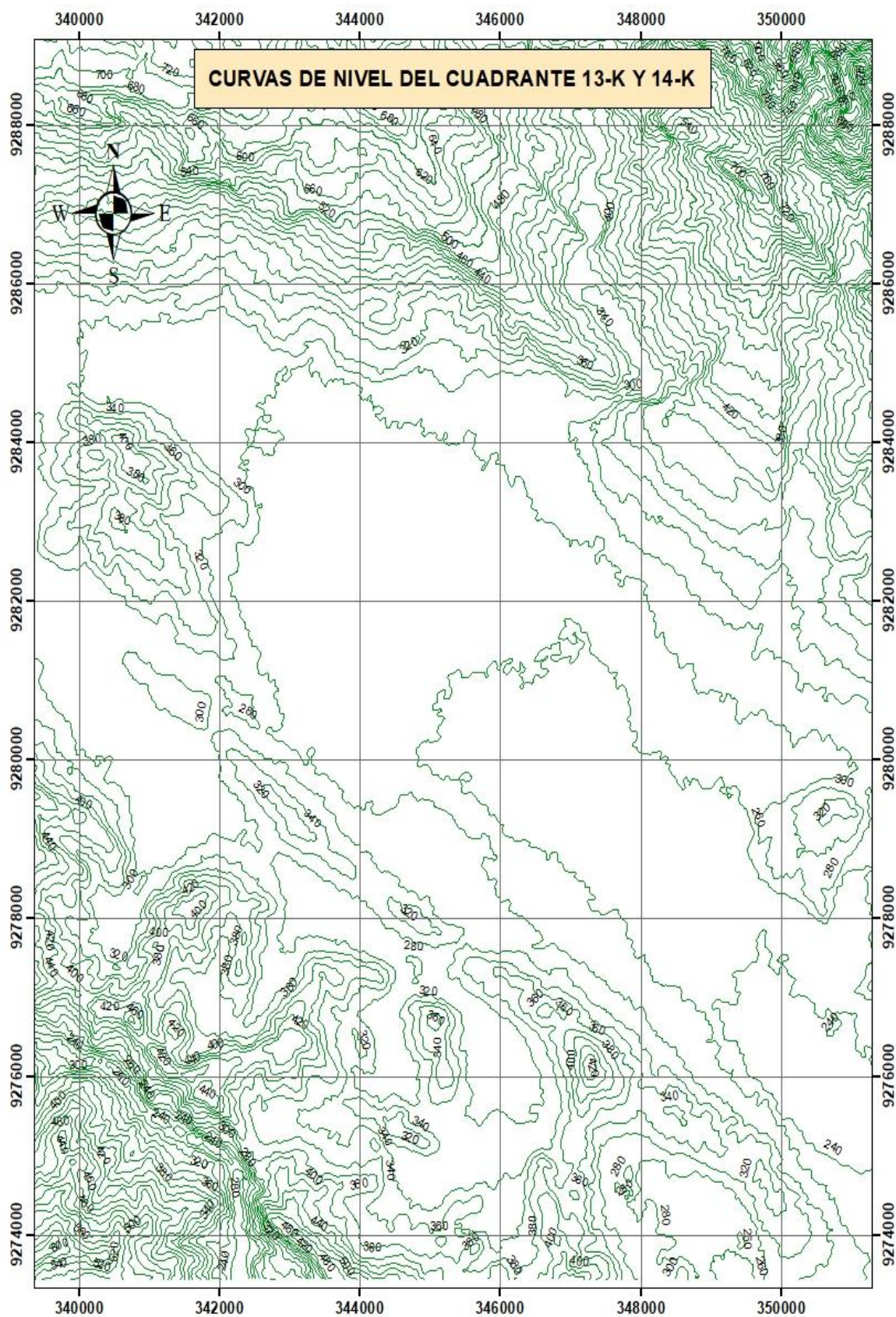


Figura 23: Curvas de Nivel del Cuadrante 13 – k y 14 – k (Autor).

Así, la Microcuenca del Río Shilcayo, localizada en el cuadrante 14 - K, se representa en Curvas de Nivel en una sección del cuadrante, la cual fue elegida estratégicamente para una mejor visualización del Área y facilidad de Escala. Las curvas de nivel fueron trazadas cada 20 metros.

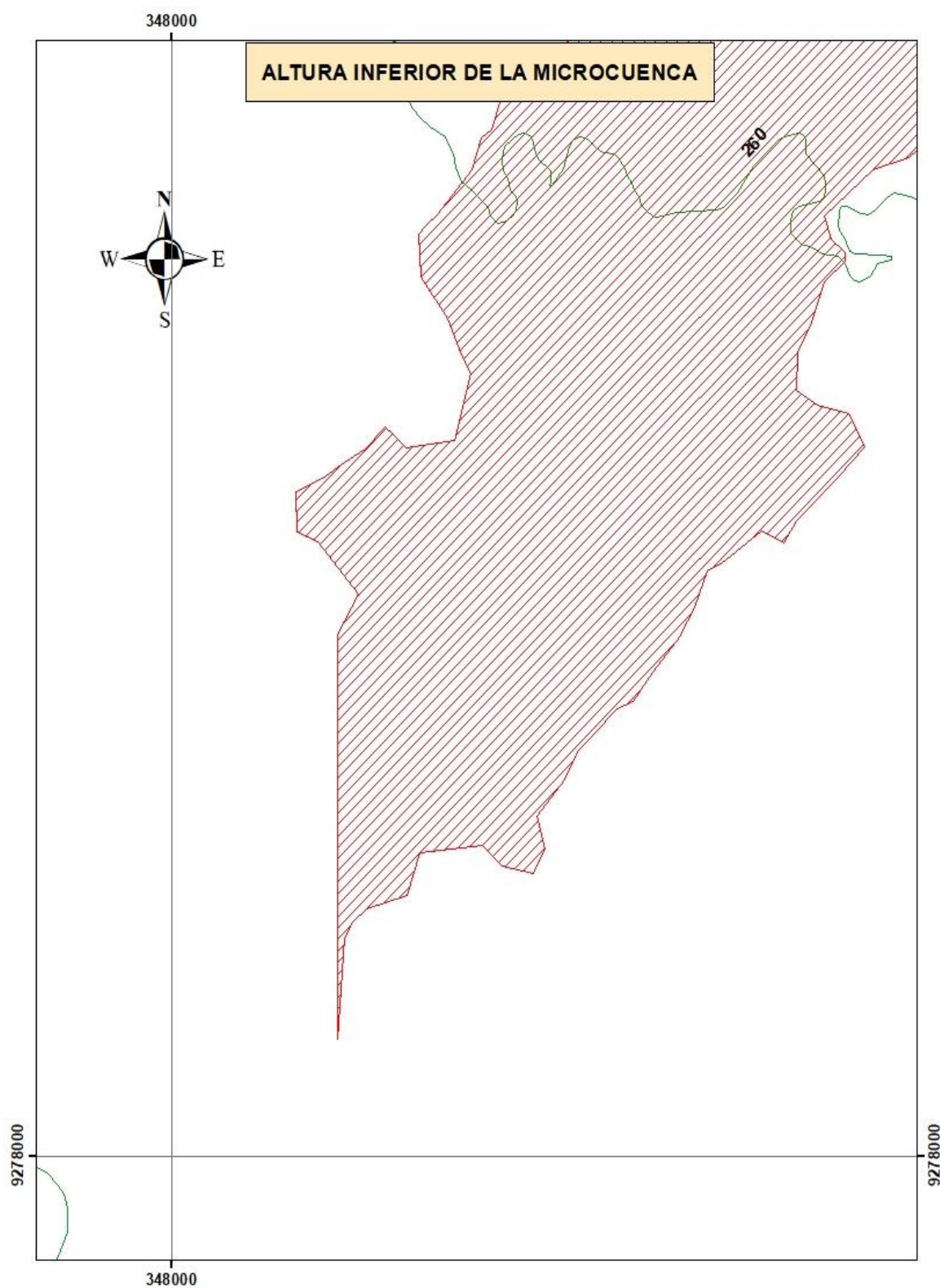


Figura 24: Altura Inferior de la Microcuenca (Autor).

La cuenca entonces cuenta con una Altura Mínima de 260 msnm (cortando la curva 260) y una Altura Máxima de 1660 msnm (cortando dicha curva), tal como se aprecia en los Mapas 38 y 39.

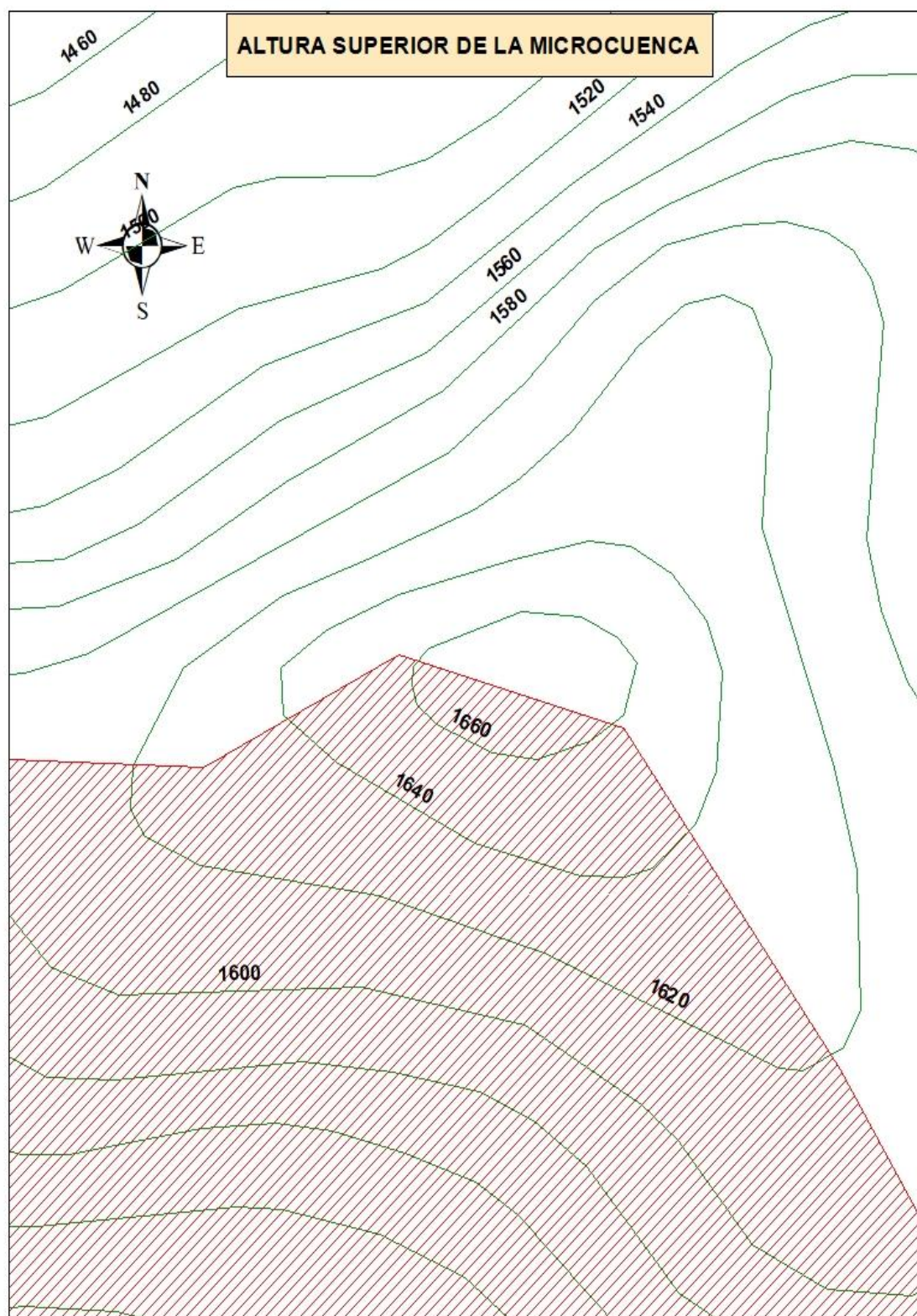


Figura 25: Altura Superior de la Microcuenca (Autor).

Delimitación de la Cuenca

Para la delimitación de la cuenca se utilizó la información cartográfica digital, procesando la DATA con AUTOCAD y ArcGIS simultáneamente, siguiendo los pasos del Marco Teórico. Para la ubicación y coordenadas UTM respectivas, se utilizó el Sistema WGS 1984 UTM para la Zona 18 Sur, el río fue realizado utilizando el trazo del “Flow Direction” (Dirección de Flujo). En las figuras siguientes, se puede apreciar el procesamiento de la información y su conversión a formatos diferentes (TIN, Raster, fill, shape, etc)

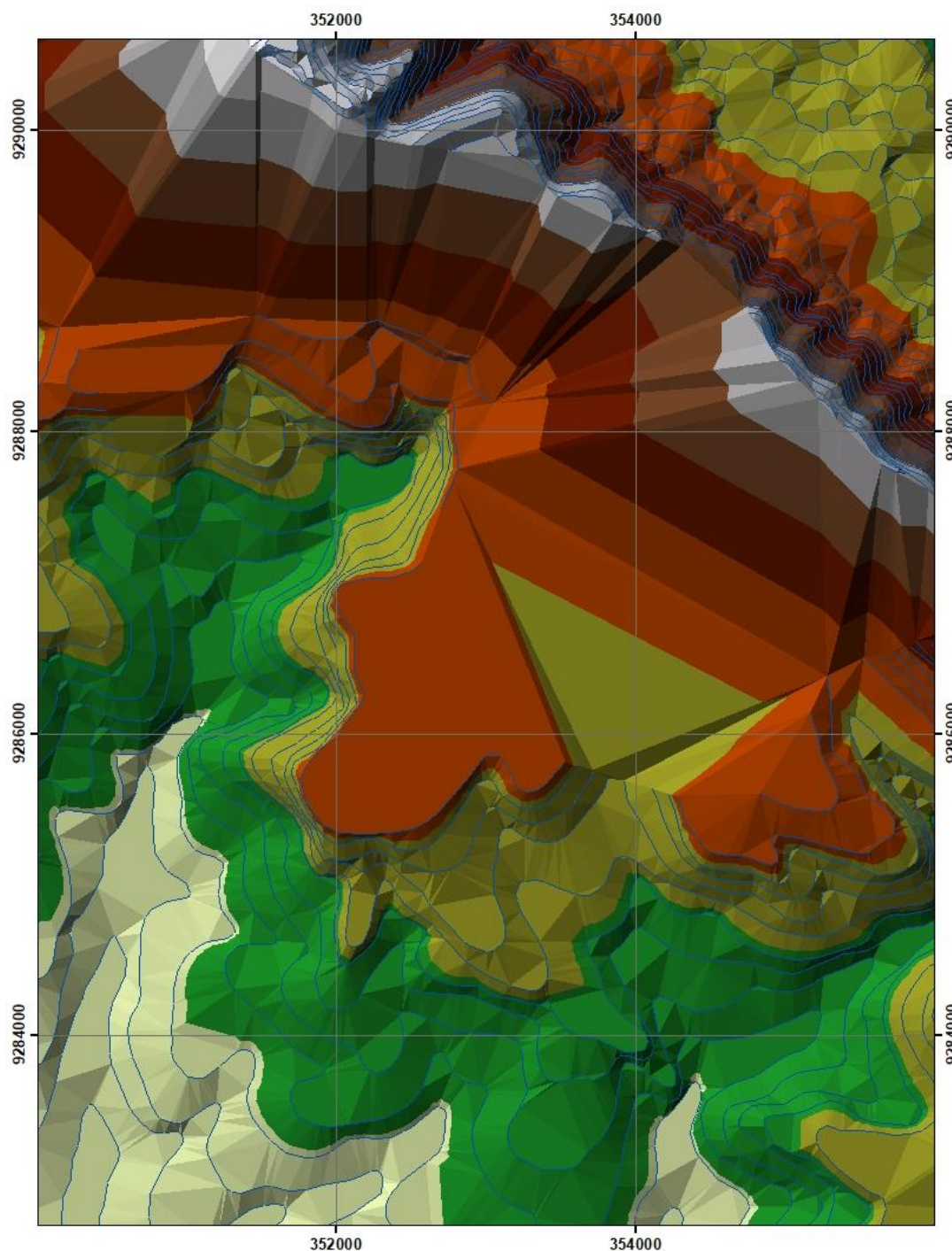


Figura 26: Archivo TIN de la Microcuenca del Rio Shilcayo (Autor).

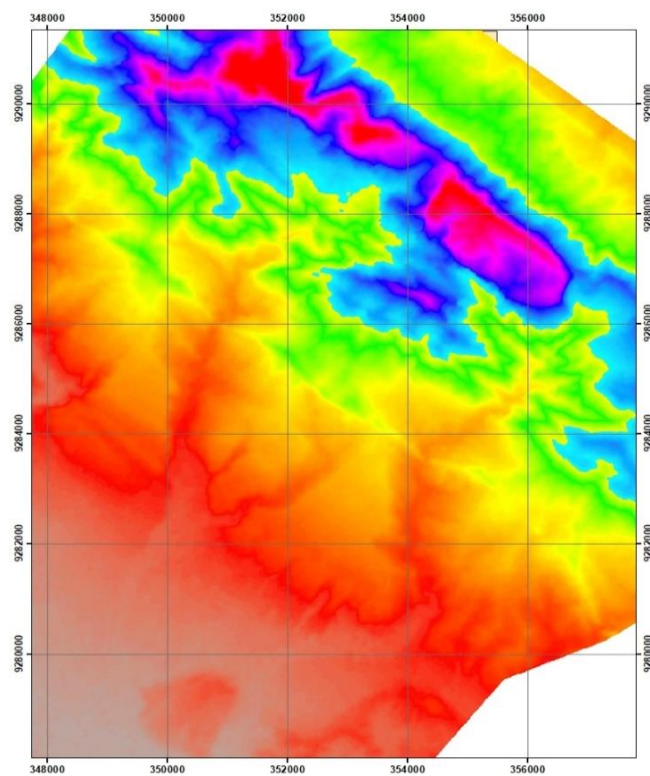


Figura 27: Archivo Raster Fill de la Microcuenca del Rio Shilcayo (Autor).

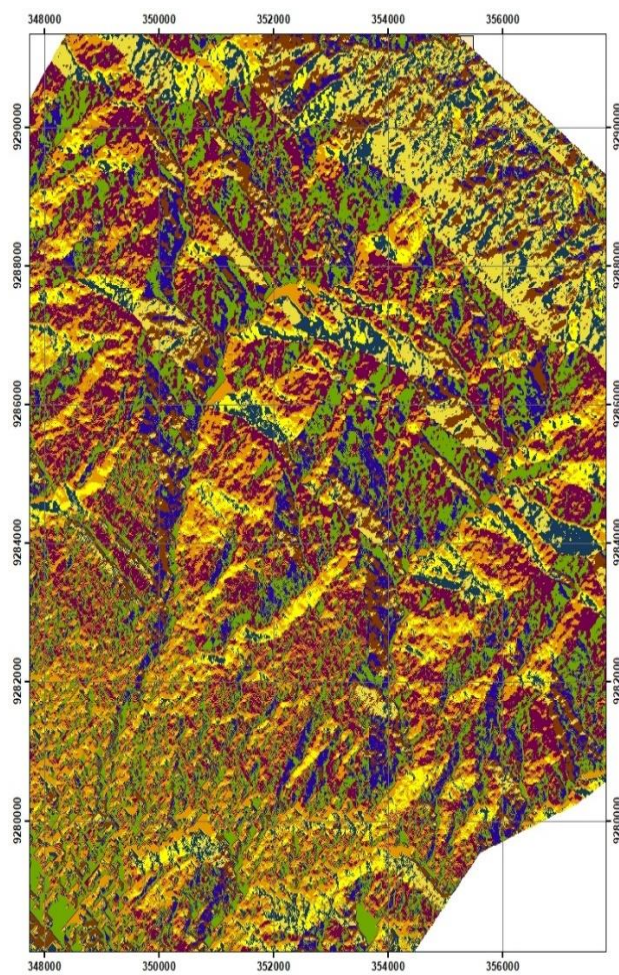


Figura 28: Flow Direction de la Microcuenca del Rio Shilcayo. (Autor).

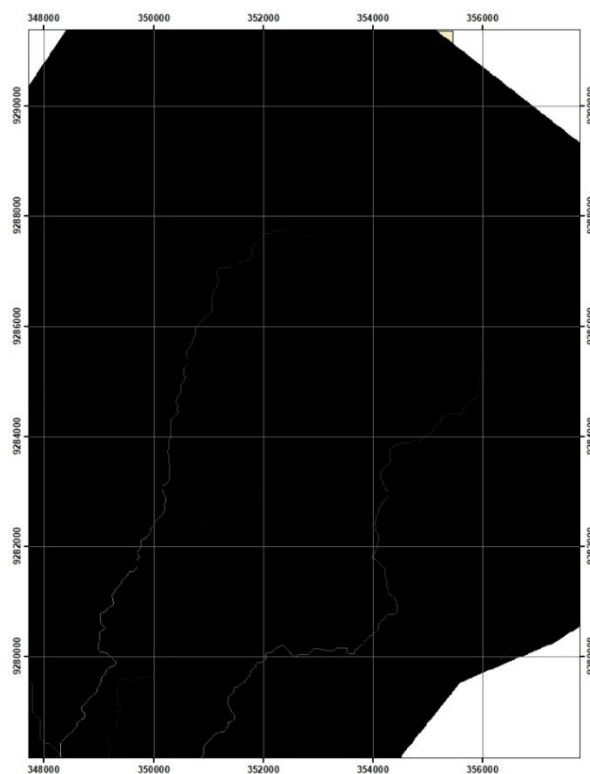


Figura 29: Flow Accumulation de la Microcuenca del Rio Shilcayo. (Autor).

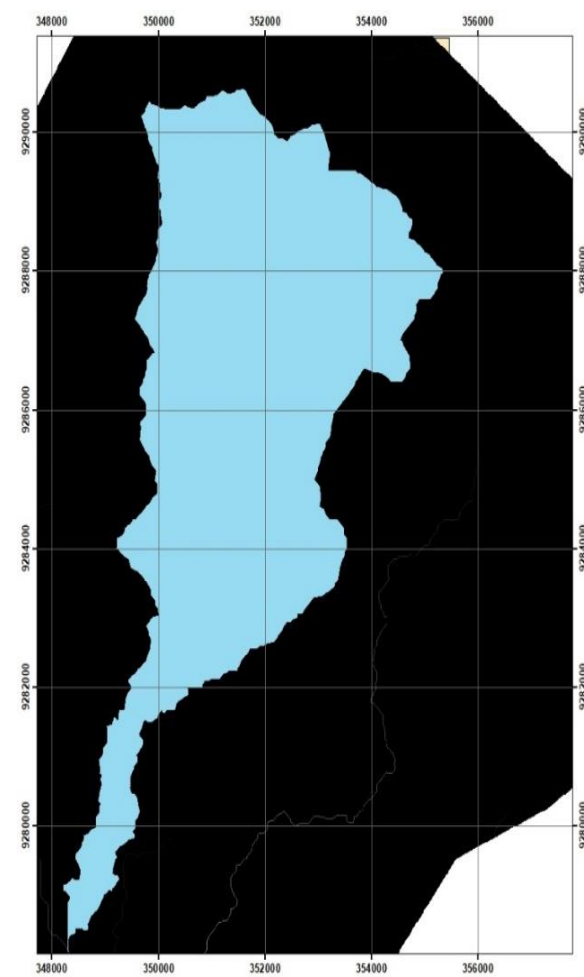


Figura 30: Trazo en ArcMap de la Microcuenca del Rio Shilcayo (Autor).

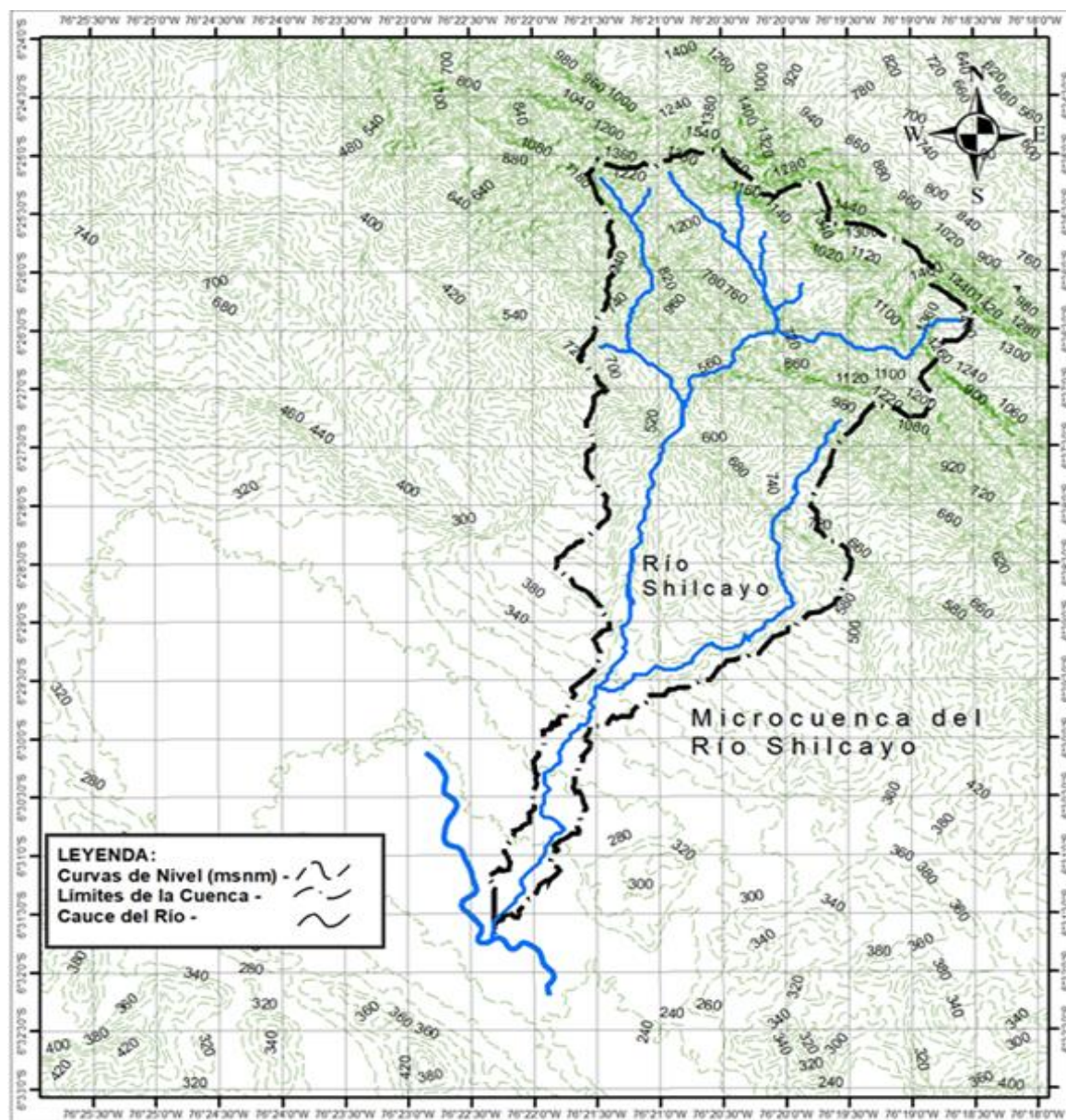


Figura 31: Delimitación de la Microcuenca Del Río Shilcayo (Autor).

Parámetros de la Cuenca

Se realizó utilizando los métodos y formulas descritas en el Marco Teórico.

Información Hidrometeorológica

La información está compuesta por la precipitación y temperatura medida en las estaciones cercanas a la microcuenca y cuya relevancia sea fuerte en esta microcuenca. Así tenemos:

1. Estación “CO” Tarapoto (Usada para Precipitación y Temperatura).

Ubicación Geográfica:

Departamento : SAN MARTIN

Provincia : San Martín

Distrito : Tarapoto

Latitud : 06°28'

Longitud : 76°22'
 Altura : 356 m.s.n.m.

2. Estación “CO” San Antonio (Usada para Precipitación y Temperatura).

Ubicación Geográfica:

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : San Martín
 Distrito : San Antonio
 Latitud : 06°25'
 Longitud : 76°25'
 Altura : 430 m.s.n.m.

3. Estación “MAP” El Porvenir (Usada para Precipitación y Temperatura).

Ubicación Geográfica:

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : San Martín
 Distrito : Juan Guerra
 Latitud : 06°35'
 Longitud : 76°19'
 Altura : 356 m.s.n.m.

4. Estación “CO” Lamas (Usada para Precipitación).

Ubicación Geográfica:

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : Lamas
 Distrito : Juan Guerra
 Latitud : 06°16'
 Longitud : 76°42'
 Altura : 920 m.s.n.m.

5. Estación “CO” Chazuta (Usada para Precipitación).

Ubicación Geográfica:

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : Lamas
 Distrito : Chazuta
 Latitud : 06°35'
 Longitud : 76°11'
 Altura : 200 m.s.n.m.

Tabla 5

Análisis de Doble Masa entre Estaciones Tarapoto y San Antonio.

AÑOS	ESTACIÓN TARAPOTO		ESTACIÓN SAN ANTONIO		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO
2002	971.30	971.30	1619.80	1619.80	1295.55	1295.55
2003	1452.50	2423.80	2220.20	3840.00	1836.35	3131.90
2004	1207.80	3631.60	1960.50	5800.50	1584.15	4716.05
2005	1233.10	4864.70	1907.30	7707.80	1570.20	6286.25
2006	1291.90	6156.60	1835.70	9543.50	1563.80	7850.05
2007	1383.10	7539.70	1946.50	11490.00	1664.80	9514.85
2008	1112.30	8652.00	1572.30	13062.30	1342.30	10857.15
2009	1562.30	10214.30	2199.20	15261.50	1880.75	12737.90
2010	1320.90	11535.20	1513.70	16775.20	1417.30	14155.20
2011	1474.70	13009.90	2220.00	18995.20	1847.35	16002.55
2012	1593.50	14603.40	1834.90	20830.10	1714.20	17716.75
2013	1394.20	15997.60	2003.20	22833.30	1698.70	19415.45
2014	1510.00	17507.60	1876.00	24709.30	1693.00	21108.45
2015	1582.80	19090.40	1826.70	26536.00	1704.75	22813.20
2016	1234.50	20324.90	1622.90	28158.90	1428.70	24241.90
PROMEDIO	1354.99		1877.26			

Fuente: Autor

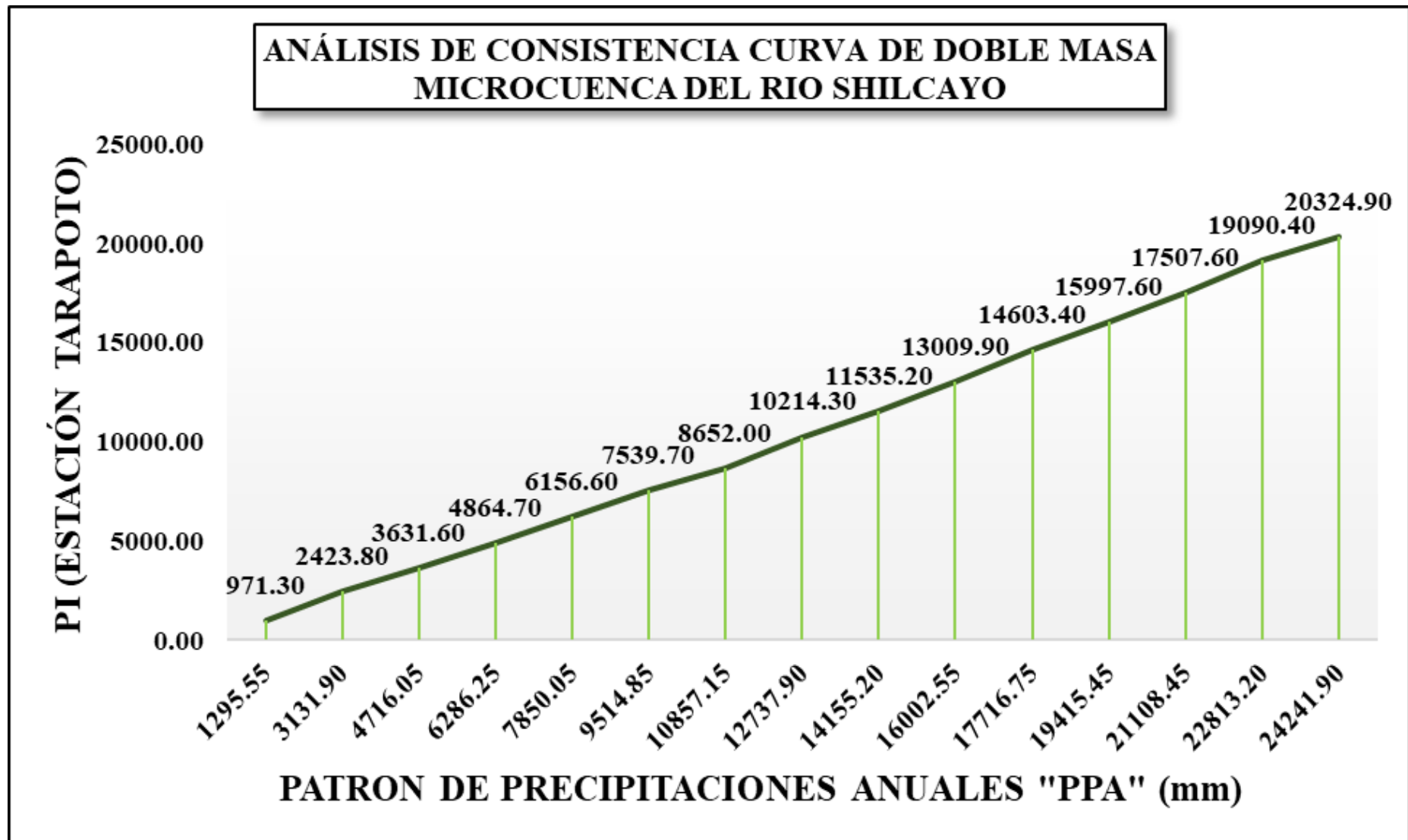


Figura 32: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa (Autor).

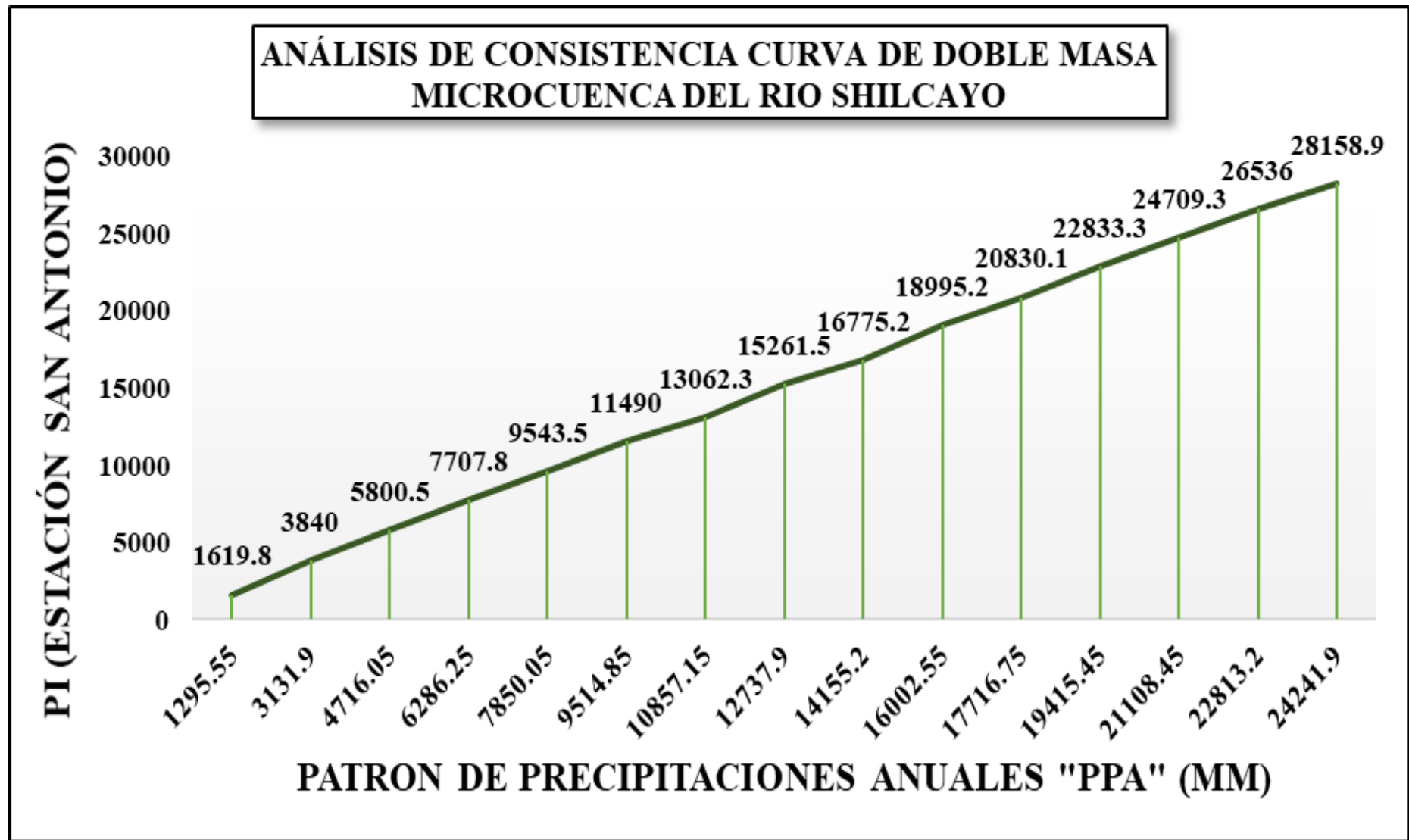


Figura 33: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa. (Autor).

Tabla 6

Análisis de Doble Masa Estación entre Tarapoto y Porvenir.

AÑOS	ESTACIÓN TARAPOTO		ESTACIÓN PORVENIR		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO
2002	971.30	971.30	876.00	876.00	923.65	923.65
2003	1452.50	2423.80	1838.20	2714.20	1645.35	2569.00
2004	1207.80	3631.60	1295.70	4009.90	1251.75	3820.75
2005	1233.10	4864.70	1313.30	5323.20	1273.20	5093.95
2006	1291.90	6156.60	1232.60	6555.80	1262.25	6356.20
2007	1383.10	7539.70	1801.80	8357.60	1592.45	7948.65
2008	1112.30	8652.00	1371.60	9729.20	1241.95	9190.60
2009	1562.30	10214.30	1643.30	11372.50	1602.80	10793.40
2010	1320.90	11535.20	1173.10	12545.60	1247.00	12040.40
2011	1474.70	13009.90	1349.00	13894.60	1411.85	13452.25
2012	1593.50	14603.40	1520.50	15415.10	1557.00	15009.25
2013	1394.20	15997.60	1285.40	16700.50	1339.80	16349.05
2014	1510.00	17507.60	1433.00	18133.50	1471.50	17820.55
2015	1582.80	19090.40	1770.30	19903.80	1676.55	19497.10
2016	1234.50	20324.90	1371.50	21275.30	1303.00	20800.10
PROMEDIO	1354.99		1418.35			

Fuente: Autor.

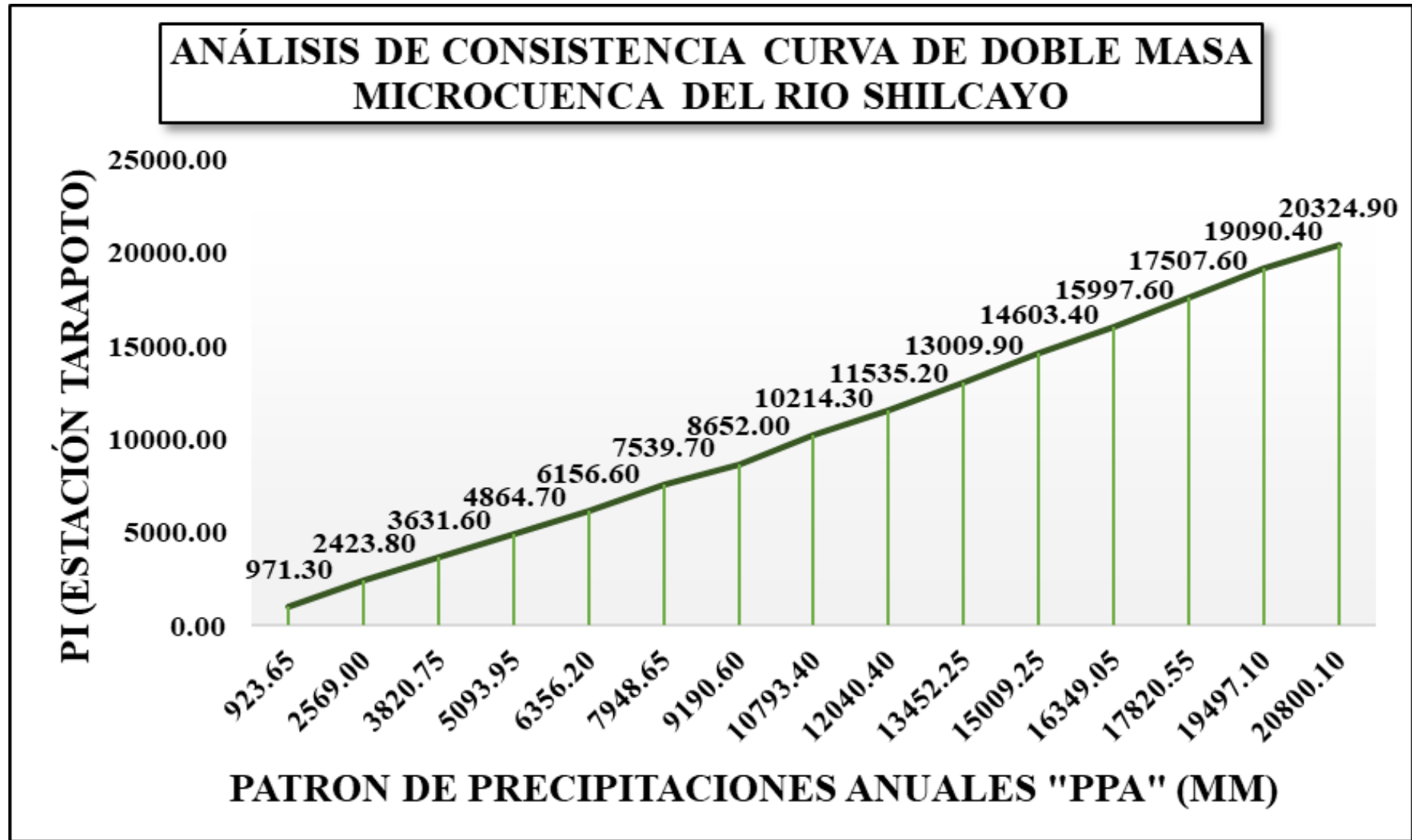


Figura 34: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa. (Autor).



Figura 35: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa. (Autor).

Tabla 7

Análisis de Doble Masa Estación entre Porvenir y Chazuta.

AÑOS	ESTACIÓN EL PORVENIR		ESTACIÓN CHAZUTA		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO
2002	876.00	876.00	1485.80	1485.80	1180.90	1180.90
2003	1168.10	2044.10	1806.10	3291.90	1487.10	2668.00
2004	919.70	2963.80	1571.10	4863.00	1245.40	3913.40
2005	963.30	3927.10	1537.30	6400.30	1250.30	5163.70
2006	1057.50	4984.60	1566.60	7966.90	1312.05	6475.75
2007	1191.60	6176.20	1357.90	9324.80	1274.75	7750.50
2008	949.50	7125.70	1530.20	10855.00	1239.85	8990.35
2009	1333.60	8459.30	1484.40	12339.40	1409.00	10399.35
2010	919.30	9378.60	1358.90	13698.30	1139.10	11538.45
2011	1399.20	10777.80	1581.80	15280.10	1490.50	13028.95
2012	1458.50	12236.30	1617.50	16897.60	1538.00	14566.95
2013	1015.40	13251.70	1453.00	18350.60	1234.20	15801.15
2014	1233.20	14484.90	1539.20	19889.80	1386.20	17187.35
2015	1247.80	15732.70	1641.70	21531.50	1444.75	18632.10
2016	856.50	16589.20	1265.60	22797.10	1061.05	19693.15
PROMEDIO	1105.95		1519.81			

Fuente: (Autor).



Figura 36: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa. (Autor).

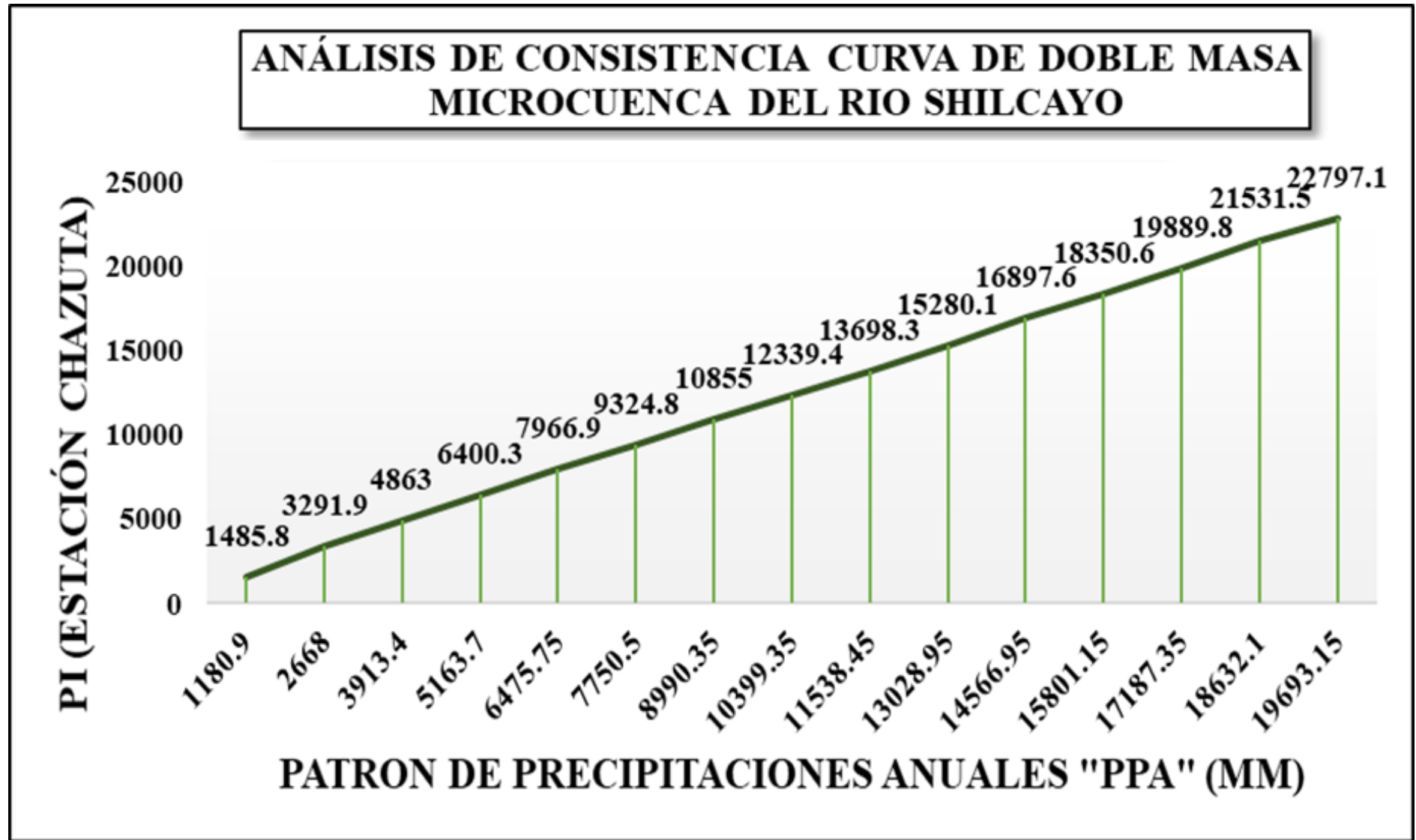


Figura 37: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa.

Tabla 8

Análisis de Doble Masa Estación entre San Antonio y Lamas.

AÑOS	ESTACIÓN SAN ANTONIO		ESTACIÓN EL LAMAS		PROMEDIO ANUAL	
	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO	P.P ANUAL	ACUMULADO
2002	1619.80	1619.80	1113.70	1113.70	1366.75	1366.75
2003	2220.20	3840.00	1838.20	2951.90	2029.20	3395.95
2004	1960.50	5800.50	1295.70	4247.60	1628.10	5024.05
2005	1907.30	7707.80	1313.30	5560.90	1610.30	6634.35
2006	1835.70	9543.50	1232.60	6793.50	1534.15	8168.50
2007	1946.50	11490.00	1801.80	8595.30	1874.15	10042.65
2008	1572.30	13062.30	1371.60	9966.90	1471.95	11514.60
2009	2199.20	15261.50	1643.30	11610.20	1921.25	13435.85
2010	1513.70	16775.20	1173.10	12783.30	1343.40	14779.25
2011	2220.00	18995.20	1349.00	14132.30	1784.50	16563.75
2012	1834.90	20830.10	1520.50	15652.80	1677.70	18241.45
2013	2003.20	22833.30	1285.40	16938.20	1644.30	19885.75
2014	1876.00	24709.30	1433.00	18371.20	1654.50	21540.25
2015	1826.70	26536.00	1770.30	20141.50	1798.50	23338.75
2016	1622.90	28158.90	1371.50	21513.00	1497.20	24835.95
PROMEDIO	28158.90		1434.20			

Fuente: Autor.

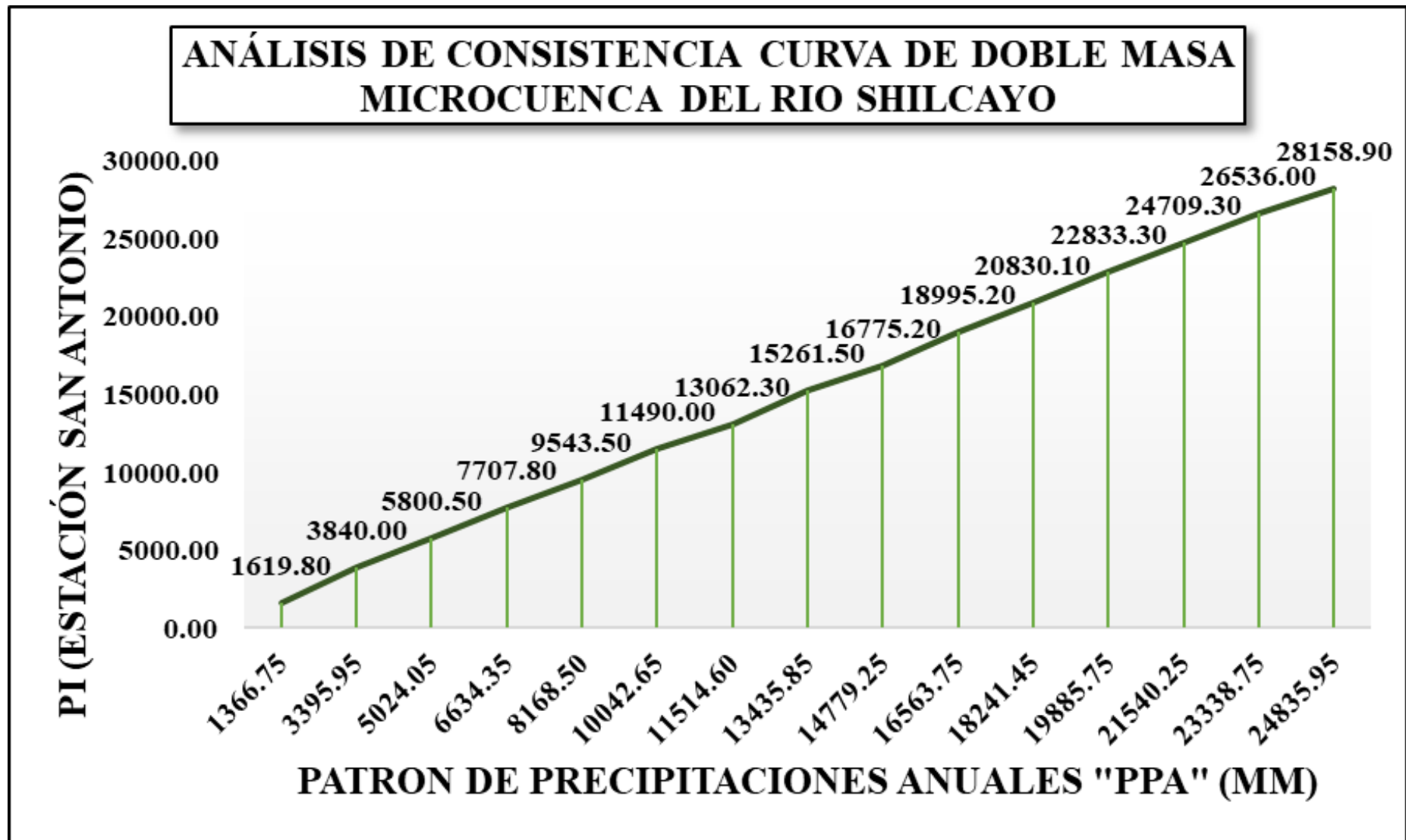


Figura 38: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa. (Autor).

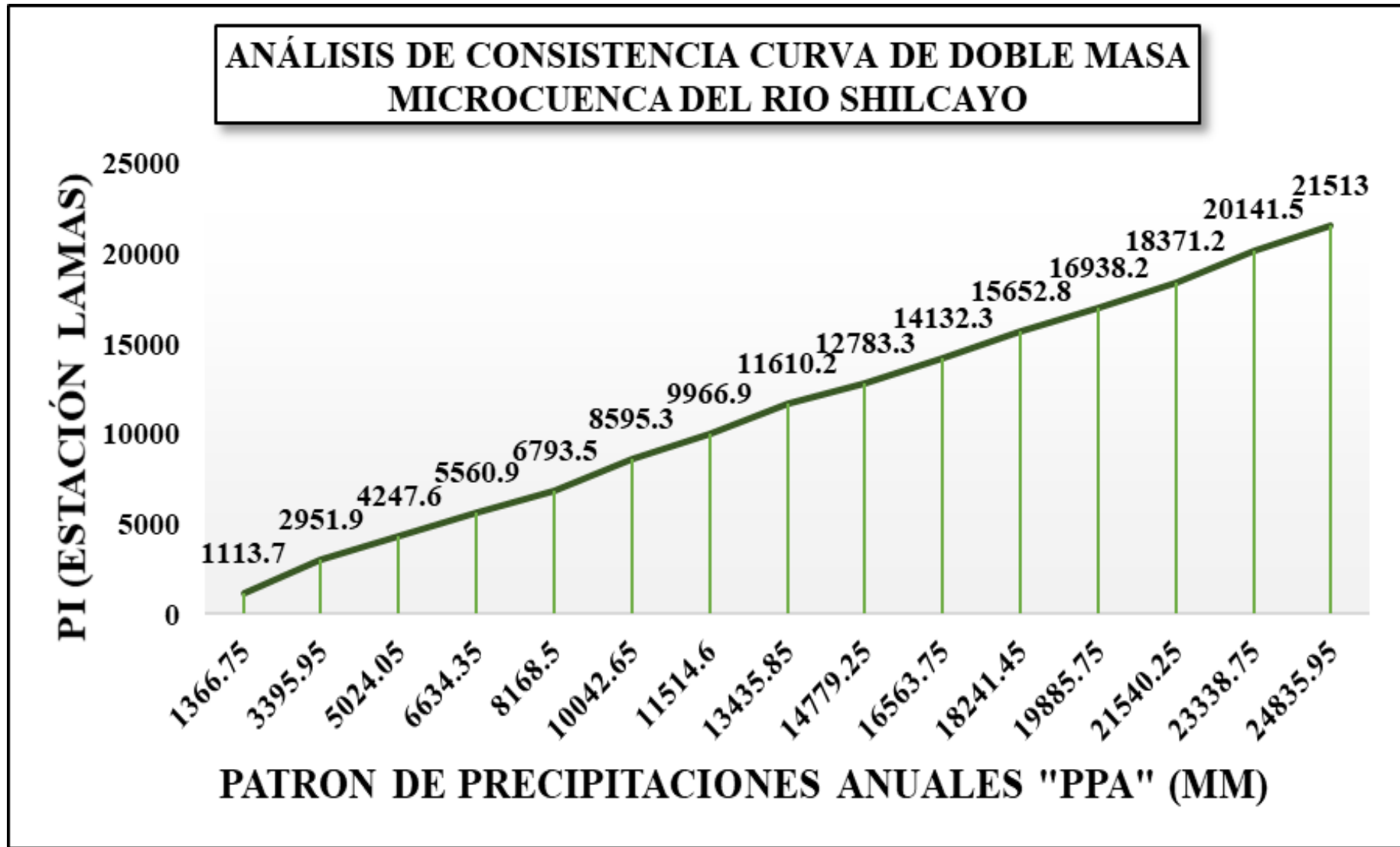


Figura 39: Recta de Dispersión para el Análisis de Doble Masa. (Autor).

Polígono de Thiessen

Para determinar el Polígono de Thiessen se necesitan los datos del Área de la Microcuenca del Rio Shilcayo y Precipitación de las estaciones que se encuentran dentro y fuera de la Microcuenca ya mencionada, el resultado se obtiene de la multiplicación de ambos datos.

En este sentido no hay variación entre datos mensuales y anuales por ser una ponderación de Área que depende únicamente de proximidades y alturas entre estaciones.

Para el diseño se procedió al uso del Programa ArcGIS, el se describe a continuación: En la ventana “ArcToolbox” damos click en la pestaña de “Analyst Tool” seleccionamos “Proximity” y con la herramienta “Create Thiessen Polygons” y se crea el polígono de Thiessen con las estaciones. Los mapas y cálculos se mostrarán al final de la tesis en la sección de planos y resultados respectivamente.

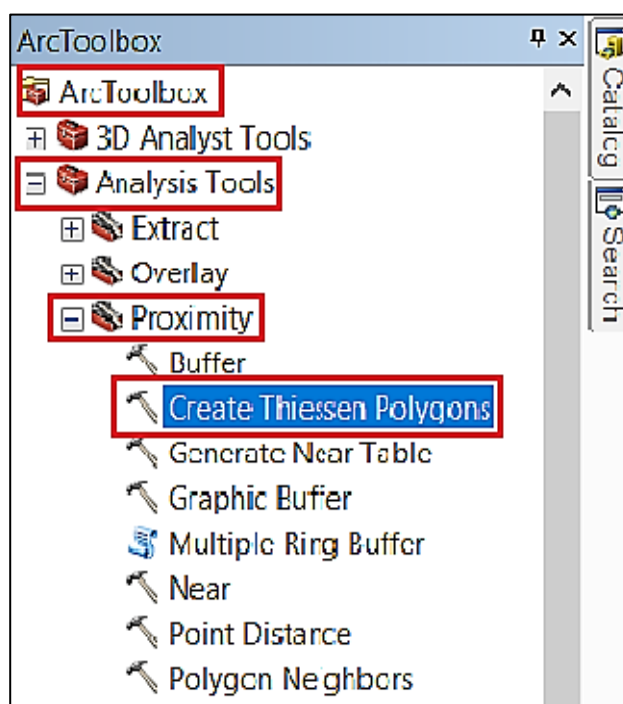


Figura 40: Polígono de Thiessen. (Autor).

Curvas Isoyetas

Para determinar Las Curvas Isoyetas mensuales y anuales, trabajaremos con la información de precipitación de las estaciones mensual y anual, se tendrá en total 13 mapas de curvas isoyetas.

Para el cálculo anual, se planteó 20mm de equidistancia, para realizar un paralelo a las curvas de nivel, mientras que en los meses este cálculo vario entre 2 y 5 mm.

Para el diseño se procedió al uso del programa ArcGIS el cual describo a continuación:

En la ventana “ArcToolBox” seleccionamos la pestaña “3D Analyst Tools” y se desplegara una serie de opciones de las cuales daremos click en “Raster Interpolatio” luego

seleccionamos la herramienta “IDW” que es un método de interpolación de archivos “Raster” ceso de elaboración se realizó con arcgis, lo cual involucra únicamente insertar las estaciones del folder de conexión (folder connections) y luego ejecutar la herramienta “IDW”.

Posteriormente se dio el tratamiento a las curvas para separarlas en secciones, por medio de la herramienta “Clip” en “geoprocessing”, lo cual requiere que la cuenca sea un polígono shape.

Los resultados y mapas se pueden observar al final de la tesis en la sección de planos y resultados respectivamente.

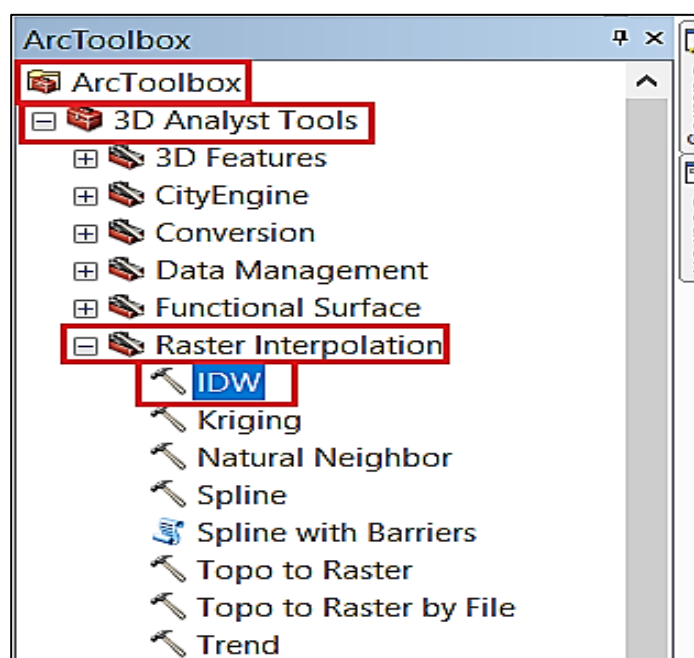


Figura 41: Curvas Isoyetas. (Autor).

Curvas Isotermas

Para determinar las Curvas Isotermas se necesita de los datos de temperatura, en general se procedió con los cálculos mostrados en la sección de resultados para la temperatura media anual.

Las curvas trazadas obedecen únicamente a un periodo anual debido a la poca variación mensual existente. Además, sabiendo que la Evapotranspiración tiene poca probabilidad de variar respecto al cálculo anual o mensual, demostrado más que todo con los resultados de las curvas Isoyetas. Los resultados y mapas se pueden observar al final de la tesis en la sección de planos y resultados respectivamente.

Balance Hídrico

Para determinar el Balance Hídrico se utilizarán los métodos y formulas descritos en el marco teórico.

2.5 Universo, Población y Muestra

2.5.1 Universo

El universo de estudio está conformado por toda la extensión territorial de la sub cuenca del río Cumbaza ubicada entre los distritos de San Antonio, Tarapoto y Morales.

2.5.2 Población

La Microcuenca del Río Shilcayo

2.5.3 Muestra

Está conformada por la extensión superficial de la microcuenca del río Shilcayo. Estaciones Hidrométricas del SENAMHI que recogen precipitaciones de zonas cercanas al Río Shilcayo (Estaciones Hidrometeorológicas de El Porvenir, Tarapoto, San Antonio).

CAPITULO III

RESULTADOS

3.1 Aplicación de la Metodología y Presentación de Resultados

3.1.1 Parámetros Geomorfológicos

a) Área de la Microcuenca del Rio Shilcayo

Para encontrar en área de la microcuenca del rio Shilcayo se recurrió al uso del programa ArcGIS, en el cual previamente habíamos delimitado la Microcuenca del Rio Shilcayo, dicho programa nos permite visualizar el área de la microcuenca mencionada mostrándonos un resultado de $34105153.7572 \text{ m}^2$ es decir $34.105153757 \text{ km}^2$.

Como se aprecia en la siguiente figura:

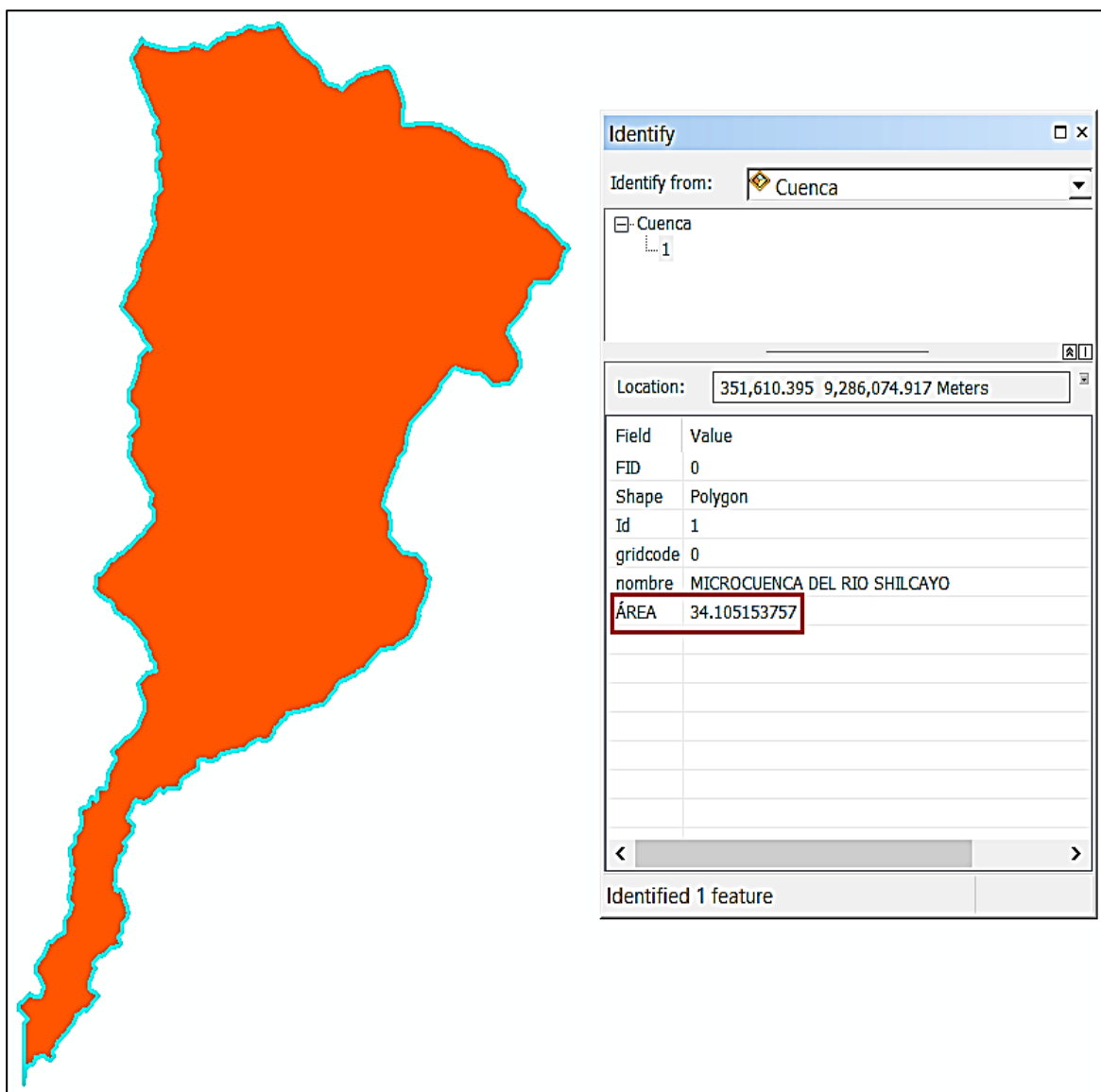


Figura 42: Visualización del Área en km^2 en el programa ArcGIS. (Autor).

b) Perímetro de la Cuenca

Para encontrar el Perímetro de la microcuenca del río Shilcayo se recurrió al uso del programa ArcGIS, en el cual previamente habíamos delimitado la Microcuenca del Río Shilcayo, dicho programa también nos permite poder visualizar el perímetro de la microcuenca mencionada mostrándonos un resultado de 38566.845373 *m* es decir 38.566845 *km*.

Como se aprecia en la siguiente figura:

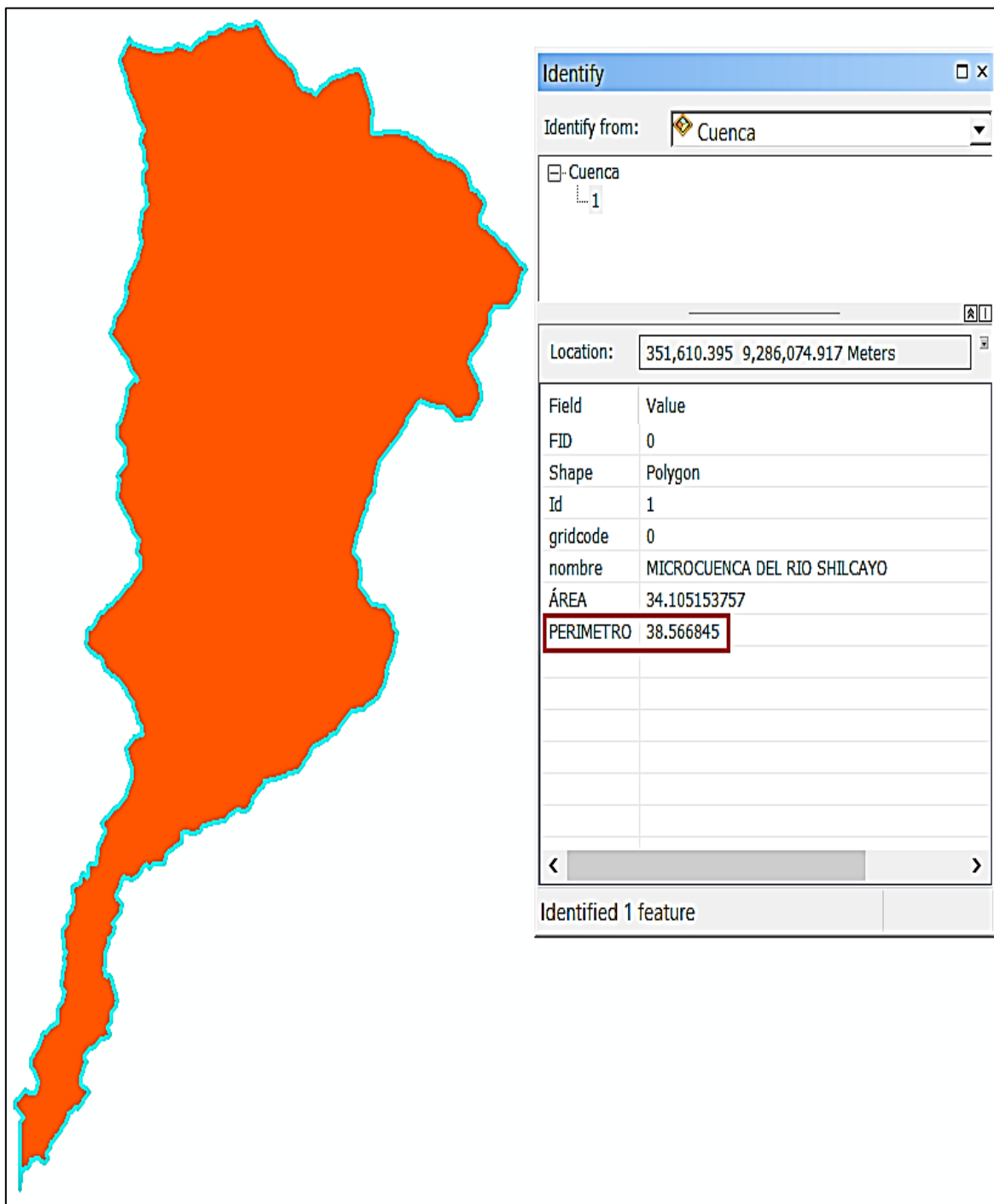


Figura 43: Visualización del Perímetro en **km**, programa ArcGIS. (Autor).

c) Curva Hipsométrica

Tabla 9

Cuadro creado en Excel que contiene datos para realizar la Curva Hipsométrica.

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	ÁREA ENTRE CURVAS (m2)	CORRECCIÓN	ÁREA CORREGIDA (m2)	PORCENTAJE DE ÁREAS (%)	ÁREA SOBRE LA ALTITUD MAYOR (m2)	PORCENTAJE DE ÁREA SOBRE ALTITUD MAYOR (%)
-	245	-	-	-	0.000	34105153.757	100.000
245	260	771128.871	-2.419	771126.452	2.261	33334027.305	97.739
260	300	1320258.801	-4.141	1320254.659	3.871	32013772.646	93.868
300	400	3112602.488	-9.763	3112592.725	9.126	28901179.921	84.741
400	500	4999133.691	-15.681	4999118.010	14.658	23902061.911	70.083
500	600	4371050.340	-13.711	4371036.630	12.816	19531025.281	57.267
600	700	3366191.308	-10.559	3366180.749	9.870	16164844.532	47.397
700	800	2927124.558	-9.181	2927115.377	8.583	13237729.155	38.814
800	900	2386632.875	-7.486	2386625.389	6.998	10851103.766	31.817
900	1000	2681826.079	-8.412	2681817.667	7.863	8169286.099	23.953
1000	1100	2501185.481	-7.845	2501177.636	7.334	5668108.463	16.620
1100	1200	1995015.376	-6.258	1995009.118	5.850	3673099.345	10.770
1200	1300	1511218.502	-4.740	1511213.762	4.431	2161885.583	6.339
1300	1400	1279460.021	-4.013	1279456.008	3.752	882429.575	2.587
1400	1500	700492.704	-2.197	700490.507	2.054	181939.068	0.533
1500	1600	165630.326	-0.520	165629.806	0.486	16309.262	0.048
1600	1670	16309.313	-0.051	16309.262	0.048	0.000	0.000
SUMATORIA		34105260.734	-106.977	34105153.757	100.000		

Fuente: Elaboración propia.

Para la corrección de las áreas generadas entre cada curva relacionada al área total de la microcuenca del Río Shilcayo se procedió a utilizar la siguiente formula:

$$x_i = \frac{\sum A_{error}}{A_t}$$

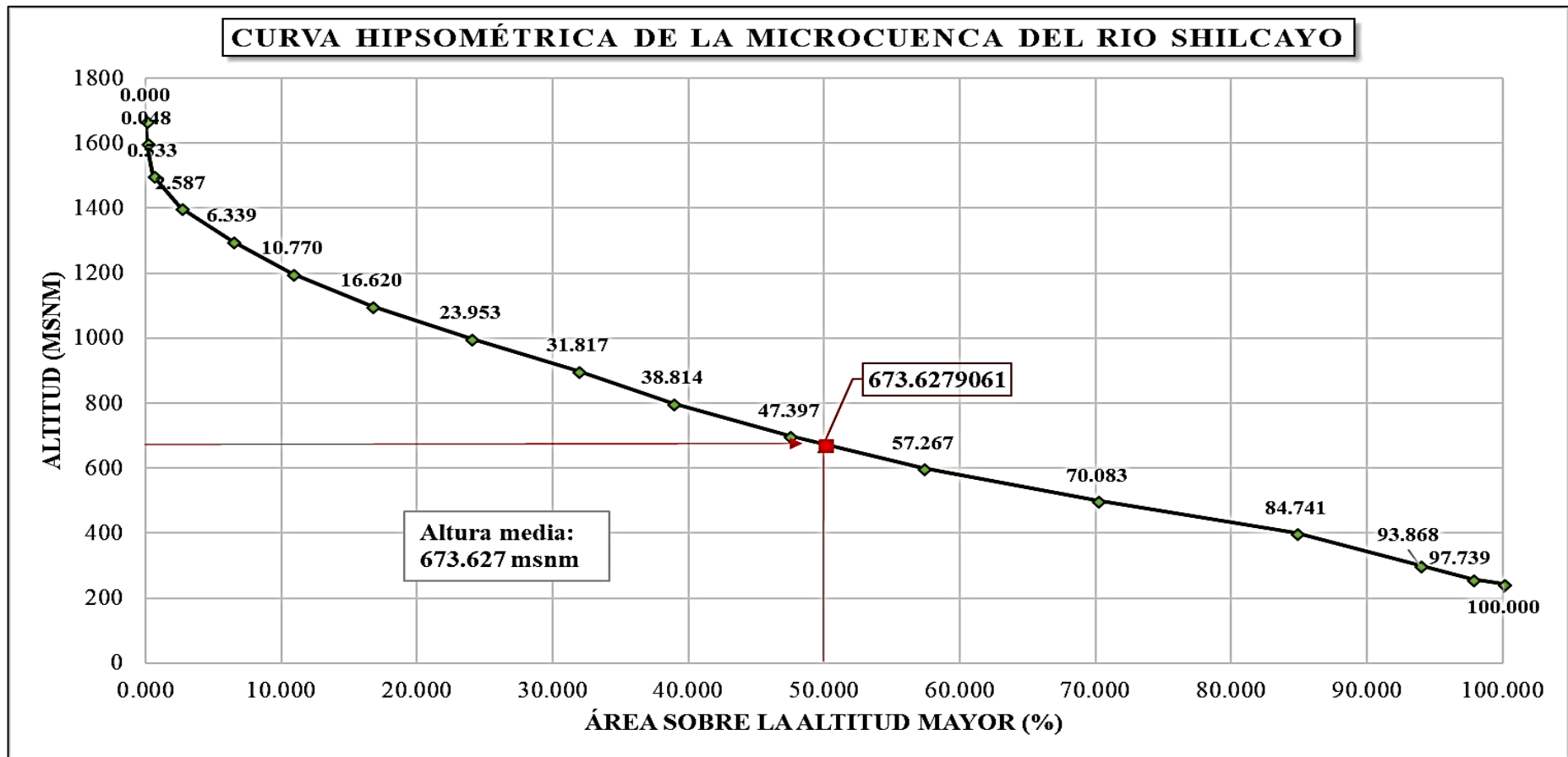


Figura 44: Curva Hipsométrica. (Autor).

En la figura presentada podemos apreciar la tendencia de la curva Hipsométrica de la Microcuenca del río Shilcayo lo que nos indica que es una cuenca sedimentaria y antigua.

d) Polígono de Frecuencia de Altitudes

Se utilizaron los mismos datos de la curva Hipsométrica.

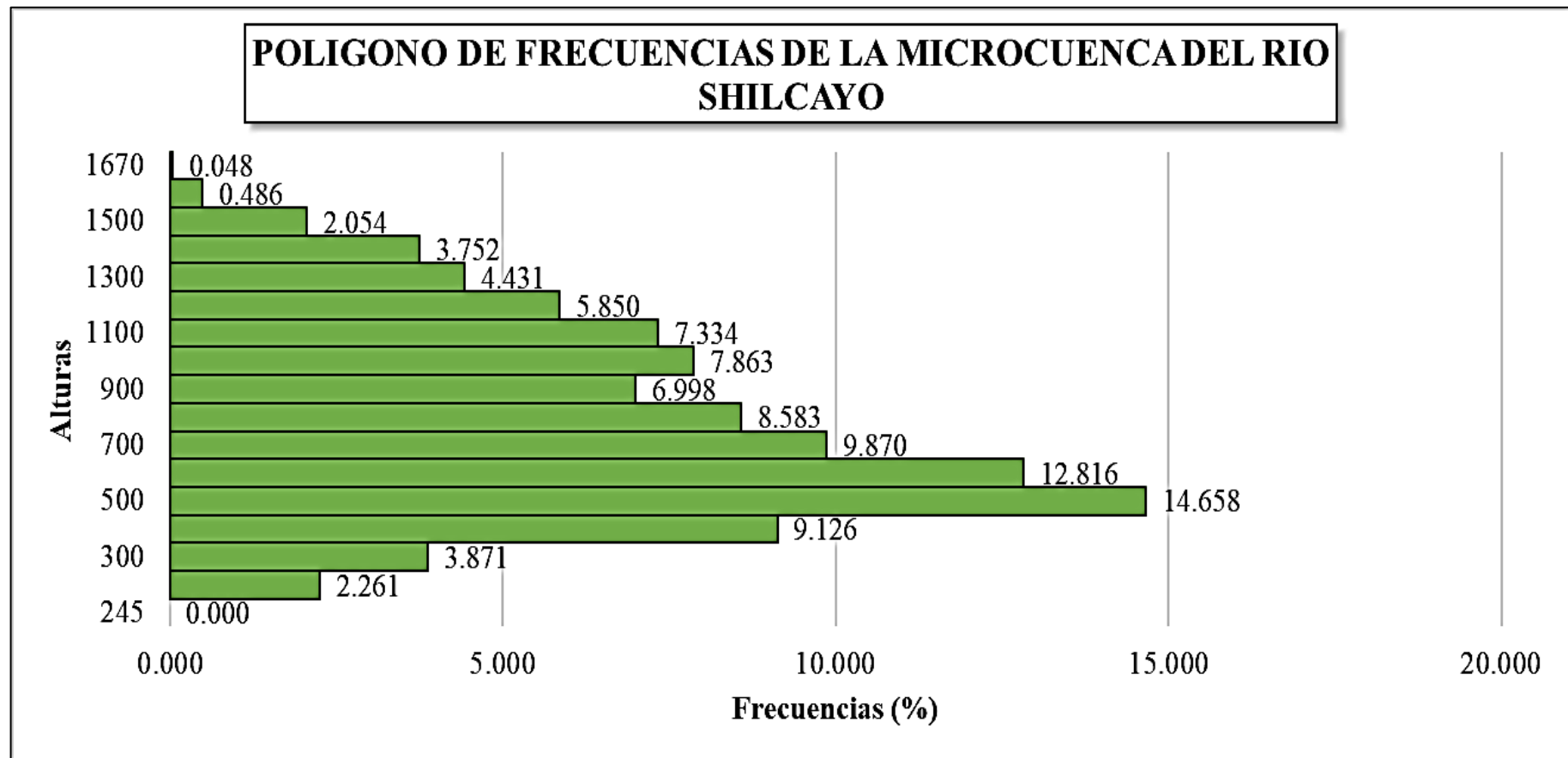


Figura 45: Polígono de Frecuencia de Altitudes. (Autor).

e) Factor de Forma de la Cuenca (F)

$$B = A/L$$

Longitud del Curso Principal del Rio Shilcayo (L)

$$L = 19931.60035\text{m} = 19.931 \text{ km.}$$

Ancho Promedio (B)

$$B = A/L$$

$$B = 1.711161 \text{ km.}$$

Factor de Forma (F)

$$F = \frac{A^2}{L}$$

$$F = 0.0858$$

f) Índice de Compacidad (K)

$$K = 0.28 * \frac{P}{\sqrt{A}}$$

$$K = 1.8491$$

g) Rectángulo Equivalente**Lado Mayor del Rectángulo Equivalente (L)**

$$L = \frac{P}{4} + \sqrt{(P/4)^2 - A}$$

$$L = 17313.571\text{m} = 17.3136\text{km}$$

Lado Menor del Rectángulo Equivalente (l)

$$l = \frac{P}{4} - \sqrt{(P/4)^2 - A}$$

$$l = 1969.851\text{m} = 1.9699\text{km}$$

En el Cuadro N° 10 y en la Figura N° 60 respectiva se puede apreciar los cálculos para graficar el rectángulo equivalente.

h) Datos de la Red de Drenaje

Orden de los ríos	N° de cursos de Agua	Longitud (Km)
1°	05	10.2875
2°	03	6.1725
3°	01	19.9310

Total, de 09 cursos de Agua que suman en total 36.39 Km.

i) Perfil Media Longitudinal del Rio**Pendiente Media del Rio Shilcayo:**

$$J = 0.082$$

Tabla 10

Pendiente de la Microcuenca del Rio Shilcayo – Método del rectángulo Equivalente.

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	ÁREA ENTRE CURVAS - ai (m2)	ALTURAS PARCIALES (m2)
-	245	-	-
245	260	771126.452	0.391
260	300	1320254.659	0.670
300	400	3112592.725	1.580
400	500	4999118.010	2.538
500	600	4371036.630	2.219
600	700	3366180.749	1.709
700	800	2927115.377	1.486
800	900	2386625.389	1.212
900	1000	2681817.667	1.361
1000	1100	2501177.636	1.270
1100	1200	1995009.118	1.013
1200	1300	1511213.762	0.767
1300	1400	1279456.008	0.650
1400	1500	700490.507	0.356
1500	1600	165629.806	0.084
1600	1670	16309.262	0.008
SUMATORIA		34105153.757	17.314

Fuente: Elaboración propia.

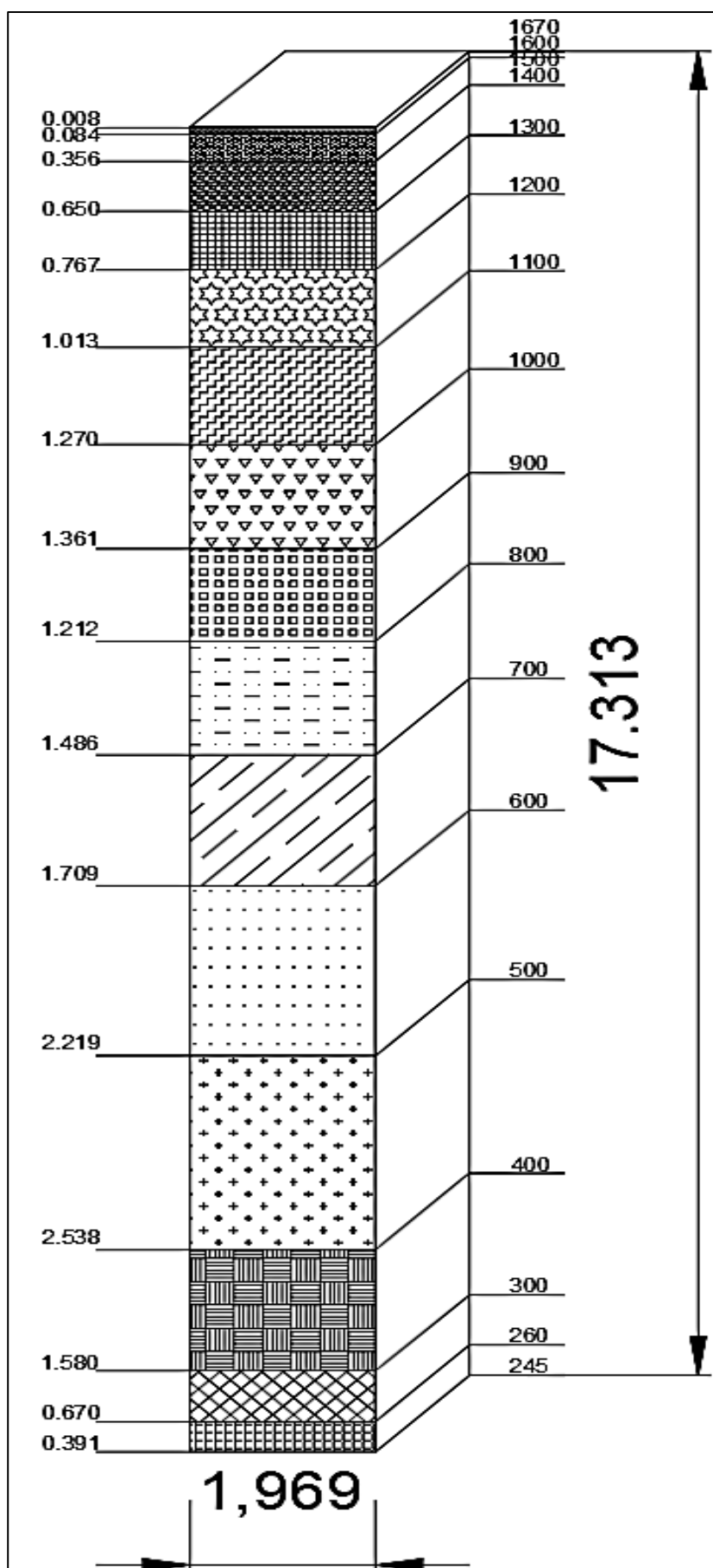


Figura 46: Rectángulo Equivalente. (Autor).

j) Pendiente de la Cuenca (Índice de Pendiente)

El valor obtenido del método del rectángulo equivalente es 0.2679 como se aprecian en el siguiente cuadro.

Tabla 11

Índice de Pendiente por el Método del Rectángulo Equivalente.

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	ÁREA ENTRE CURVAS - ai (m2)	DIFERENCIA DE ALTITUD (m)	LADO MAYOR DEL RECTANGULO (m)	CÁLCULO DEL INDICE DE PENDIENTE
-	245	-	-	-	
245	260	771126.452	15.000	17313.572	0.00443
260	300	1320254.659	40.000	17313.572	0.00946
300	400	3112592.725	100.000	17313.572	0.02296
400	500	4999118.010	100.000	17313.572	0.02910
500	600	4371036.630	100.000	17313.572	0.02721
600	700	3366180.749	100.000	17313.572	0.02388
700	800	2927115.377	100.000	17313.572	0.02226
800	900	2386625.389	100.000	17313.572	0.02010
900	1000	2681817.667	100.000	17313.572	0.02131
1000	1100	2501177.636	100.000	17313.572	0.02058
1100	1200	1995009.118	100.000	17313.572	0.01838
1200	1300	1511213.762	100.000	17313.572	0.01600
1300	1400	1279456.008	100.000	17313.572	0.01472
1400	1500	700490.507	100.000	17313.572	0.01089
1500	1600	165629.806	100.000	17313.572	0.00530
1600	1670	16309.262	70.000	17313.572	0.00139
SUMATORIA		34105153.757	1425.000		0.26796

Fuente: Elaboración propia.

El valor obtenido por el método del Criterio de Alvord es 0.147614 como se aprecia en el siguiente cuadro.

Tabla 12

Índice de pendiente por el Método de Alvord.

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	LONGITUD DE CURVA MENOR (m)	EQUIDISTANCIA ENTRE CURVAS - E (m)	AREA (m2)	CÁLCULO DEL INDICE DE PENDIENTE
-	245	-	-	-	
245	400	15060.37	5.00	34105153.757	0.00221
400	1660	296488.00	20.00	34105153.757	0.17387
1660	1670	223.44	10.00	34105153.757	0.00007
SUMATORIA		296711.44	35.00		0.17614

Fuente: Elaboración propia.

El trabajo del cuadro se simplificó para los tramos cuya equidistancia era continua, de 20 metros entre curva de nivel (a partir de los 400 msnm), debido a esto, sólo se consideraron 3 tramos de diferente desnivel, tal que se usó la fórmula:

$$\sum_{i=1}^{i=n} \frac{S_i L}{D}$$

Trabajamos con el valor promedio entre ambos métodos cuyo resultado es de 0.222

k) Declive Constante o Ecuación de Taylor y Schwarz

Tabla 13

Pendiente de Cauce, Método de Taylor Schwarz

ALTITUD MENOR (msnm)	ALTITUD MAYOR (msnm)	DIFERENCIA DE ALTITUD (m)	LONGITUD PARCIAL (m)	CORRECCIÓN DE LONGITUDES	LONGITUD ACUMULADA (m)	PENDIENTE PARCIAL	$\frac{L_i}{\sqrt{S_i}}$
-	245	-			0.000		
245	300	55.000	5889.90	6539.359	6539.359	0.02632	40310.96349
300	400	100.000	3154.20	3502.002	10041.361	0.03170	19668.03414
400	500	100.000	1721.35	1911.16	11952.524	0.05809	7929.263044
500	600	100.000	865.48	960.91	12913.436	0.11554	2826.907655
600	700	100.000	696.75	773.58	13687.014	0.14352	2041.938705
700	800	100.000	880.64	977.75	14664.760	0.11355	2901.516923
800	900	100.000	419.42	465.67	15130.432	0.23842	953.6885361
900	1000	100.000	545.70	605.87	15736.301	0.18325	1415.321583
1000	1100	100.000	377.05	418.62	16154.923	0.26522	812.8646509
1100	1200	100.000	300.38	333.50	16488.428	0.33291	578.0156274
1200	1300	100.000	427.50	474.64	16963.063	0.23392	981.3549443
1300	1400	100.000	203.94	226.43	17189.493	0.49034	323.3610844
1400	1415	15.000	111.69	124.01	17313.500	0.67149	151.3300676
SUMATORIA		1170.000	15594.00	17313.50			80894.560

Fuente: Elaboración propia.

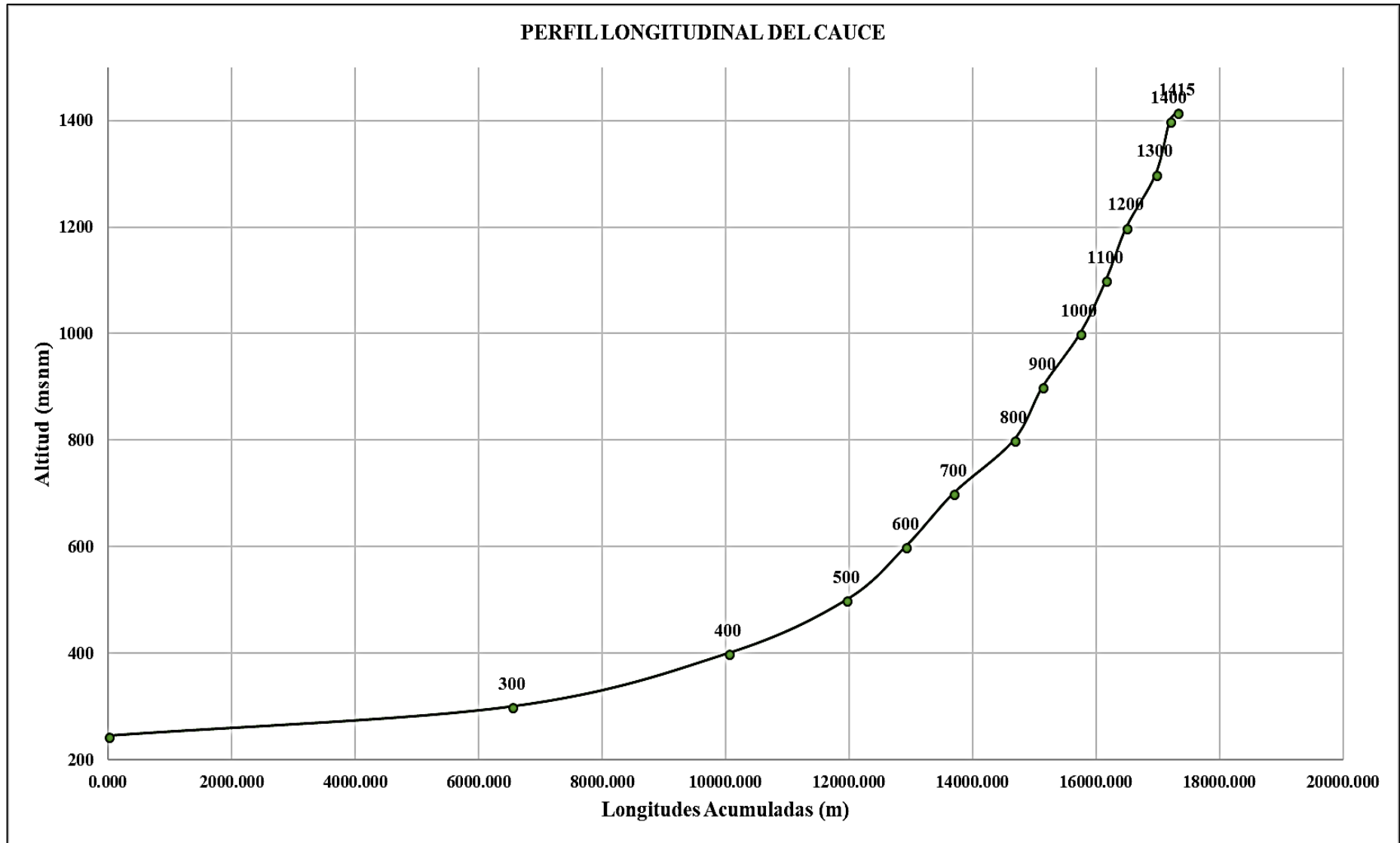


Figura 47: Perfil Longitudinal del Cauce. (Autor).

l) Coeficiente de Tortuosidad

$$k = \frac{L_r}{L_a}$$

$$k = \frac{36.39}{11.81} = 3.08$$

m) Densidad de Corriente

$$D_c = \frac{N_c}{A}$$

$$D_c = \frac{9}{34.11} = 0.263$$

n) Densidad de Drenaje

$$D_d = \frac{L}{A}$$

$$D_d = \frac{36.39}{34.11} = 1.066 \frac{km}{km^2}$$

o) Extensión Media de Escorrentía Superficial

$$E_x = \frac{A}{4L}$$

$$E_x = \frac{34.11}{4 * 36.39} = 0.234 \frac{km}{km^2}$$

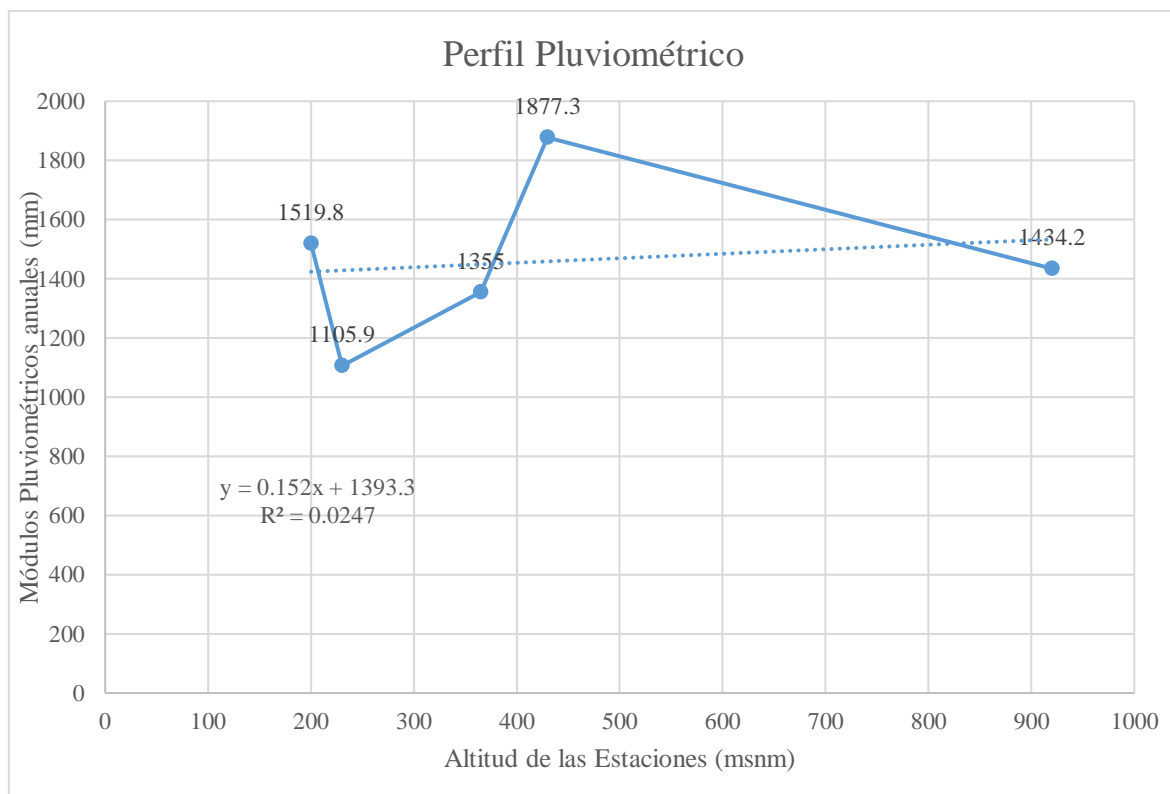
p) Perfil Pluviométrico de las Estaciones

Figura 48: Perfil Pluviométrico de las Estaciones. (Autor).

3.1.2 Precipitación

a) Método Aritmético

Tabla 14

Precipitación por el método Aritmético

PERÍODO	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
ENE	117.947
FEB	144.337
MAR	183.111
ABR	165.531
MAY	121.975
JUN	88.727
JUL	77.000
AGO	62.460
SET	92.913
OCT	136.287
NOV	146.524
DIC	121.631
ANUAL	1458.441

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 17 se pueden apreciar los caculos que se desarrollaron para llegar a los resultados de la tabla 14 y en las figuras siguientes a esta, se puede apreciar la línea de tendencia y perfil de la información procesada por este método.

b) Método del Polígono de Thiessen

Tabla 15

Polígono de Thiessen

PERÍODO	PRECIPITACIÓN MEDIA
ENE	109.555
FEB	141.495
MAR	169.353
ABR	160.730
MAY	111.860
JUN	89.621
JUL	67.130
AGO	55.172
SET	75.050
OCT	114.458
NOV	141.960
DIC	118.719
ANUAL	1355.105

Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 18 se puede apreciar los caculos que se desarrollaron para llegar a los resultados de la tabla 15 y en las figuras siguientes a esta, se puede apreciar la línea de tendencia y perfil de la información procesada por este método.

c) Método De Las Curvas Isoyetas

Tabla 16

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas

PERÍODO	CALCULO POR MES	CALCULO DIRECTO ANUAL
	PRECIPITACIÓN MEDIA ISOYETAS (mm)	
ENE	114.7406125	
FEB	145.5935486	
MAR	178.0151277	
ABR	166.3152036	
MAY	120.5480239	
JUN	93.75210248	
JUL	74.28518326	-
AGO	59.56385842	
SET	84.61259022	
OCT	124.8291399	
NOV	145.7849994	
DIC	121.5449479	
ANUAL	1429.59	1430.481

Fuente: Elaboración propia.

En las Tablas siguientes a partir de la 19, se puede apreciar los caculos que se desarrollaron para llegar a los resultados de la tabla 16, tanto anual como mensual y en las figuras siguientes a esta, se puede apreciar la línea de tendencia y perfil de la información procesada por este método.

Para este método se trabajó cada mes por separado, así como el promedio anual, tomado tanto por separado como en conjunto de la suma total.

Finalmente, para el promedio de datos se utilizaron los resultados de este método y el polígono de Thiessen

Tabla 17

Precipitación Media de la Cuenca por el Método Aritmético

PERÍODO	PRECIPITACIÓN MEDIA REGISTRADA EN LA ESTACIÓN (mm)					PRECIPITACIÓN TOTAL (mm)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
	SAN ANTONIO	EL PORVENIR	CHAZUTA	LAMAS	TARAPOTO		
ENE	149.500	78.800	136.000	115.887	109.547	589.733	117.947
FEB	182.040	102.540	165.393	130.227	141.487	721.687	144.337
MAR	231.060	129.667	199.800	185.687	169.340	915.553	183.111
ABR	208.040	124.680	154.440	179.773	160.720	827.653	165.531
MAY	173.873	85.640	113.520	124.993	111.847	609.873	121.975
JUN	127.600	68.853	72.073	85.493	89.613	443.633	88.727
JUL	112.080	58.033	60.940	86.827	67.120	385.000	77.000
AGO	80.533	54.213	66.380	56.007	55.167	312.300	62.460
SET	124.240	82.453	87.040	95.793	75.040	464.567	92.913
OCT	166.860	118.047	149.220	132.860	114.447	681.433	136.287
NOV	174.320	115.093	168.740	132.513	141.953	732.620	146.524
DIC	147.113	87.927	146.260	108.140	118.713	608.153	121.631
ANUAL	1877.3	1105.9	1519.8	1434.2	1355.0	7292.207	1458.441

Fuente: Elaboración propia.

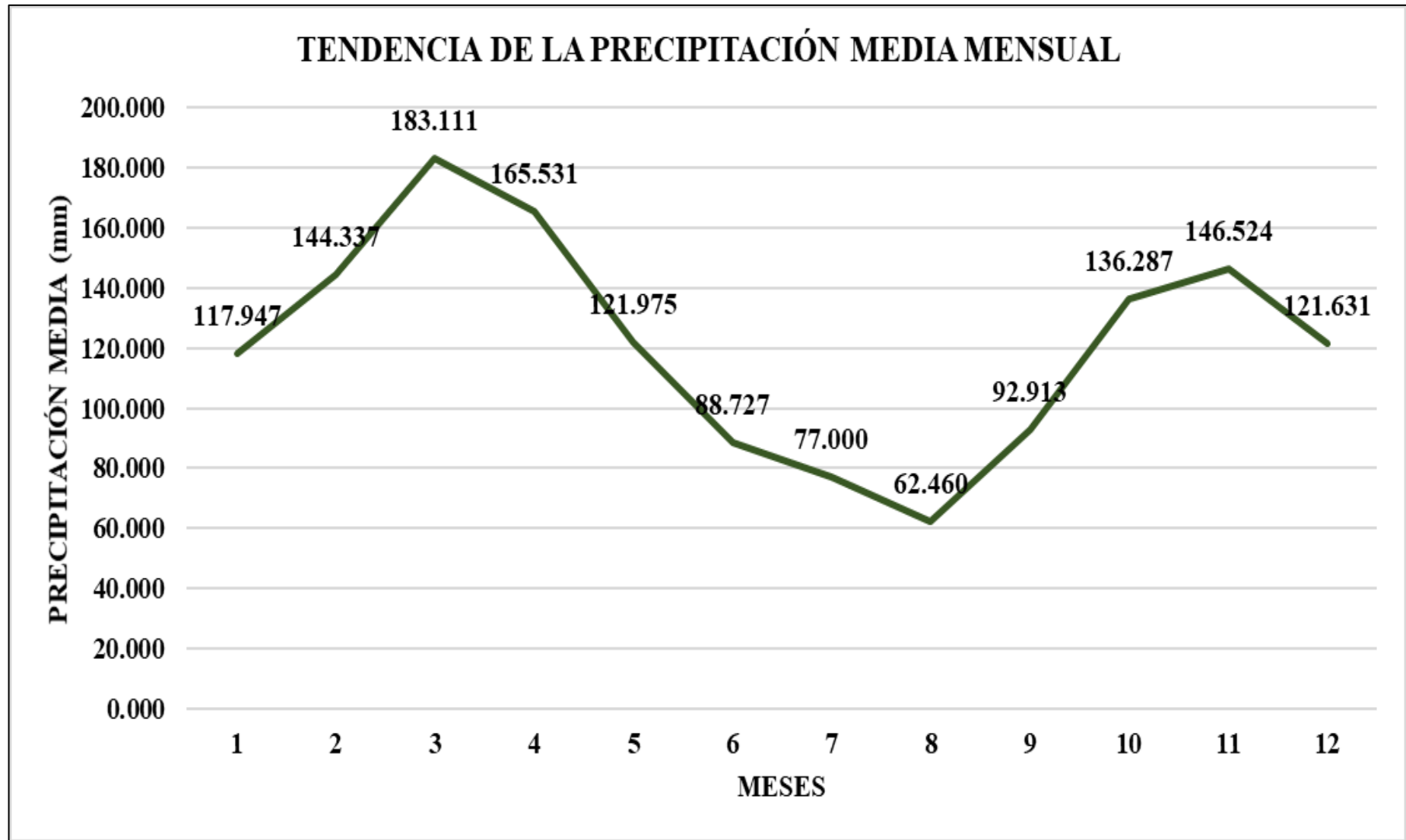


Figura 49: Tendencia de la precipitación media mensual – método aritmético (Autor).

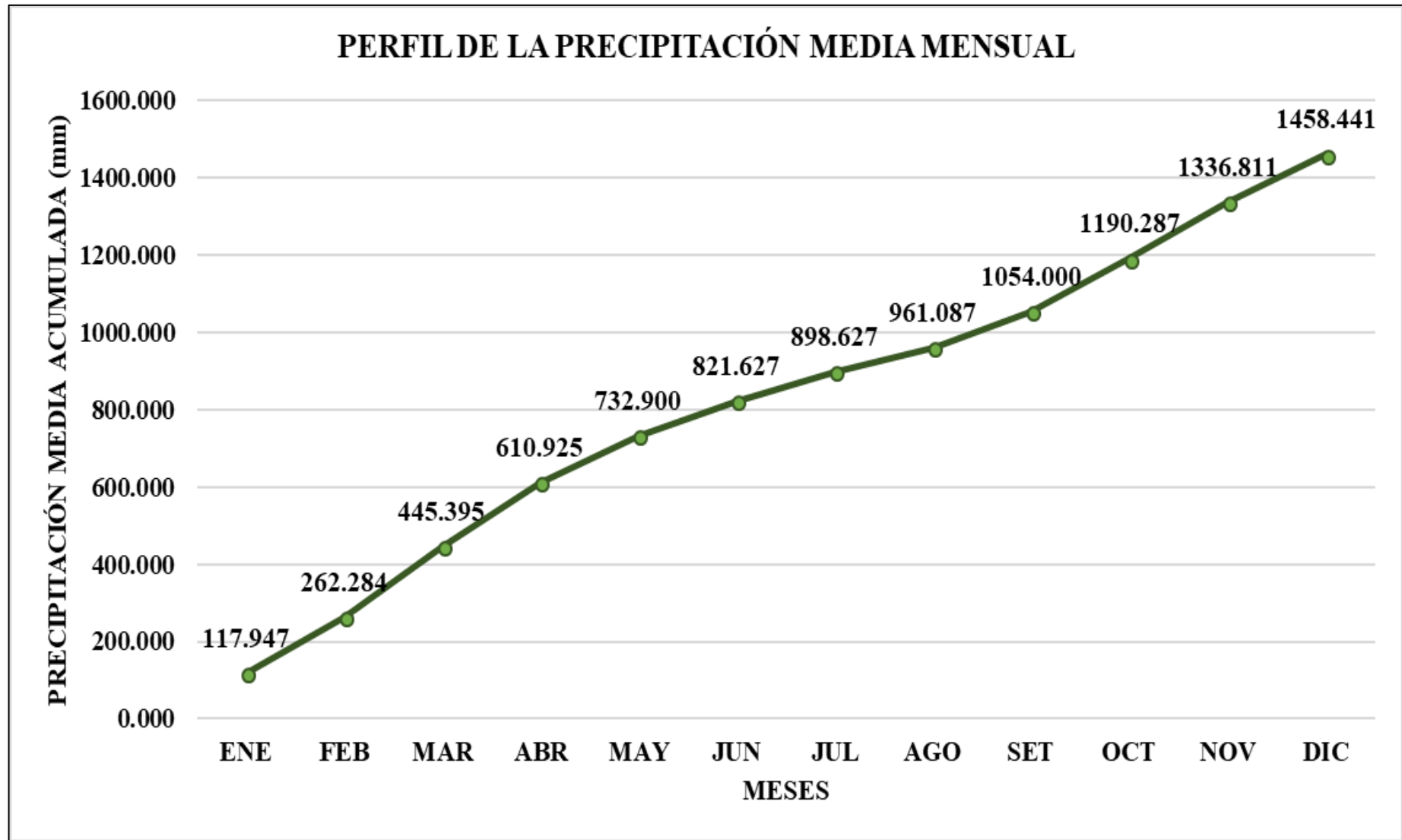


Figura 50: Perfil de la Precipitación mensual – Método Aritmético. (Autor).

Tabla 18

Precipitación por el Método del Polígono de Thiessen.

PERÍODO	ESTACIÓN SAN ANTONIO		ESTACIÓN TARAPOTO		PRECIPITACIÓN
	P (mm)	%Á*P (mm)	P (mm)	%Á*P (mm)	MEDIA
ENE	149.500	0.032	109.547	109.523	109.555
FEB	182.040	0.039	141.487	141.457	141.495
MAR	231.060	0.049	169.340	169.304	169.353
ABR	208.040	0.044	160.720	160.686	160.730
MAY	173.873	0.037	111.847	111.823	111.860
JUN	127.600	0.027	89.613	89.594	89.621
JUL	112.080	0.024	67.120	67.106	67.130
AGO	80.533	0.017	55.167	55.155	55.172
SET	124.240	0.026	75.040	75.024	75.050
OCT	166.860	0.036	114.447	114.422	114.458
NOV	174.320	0.037	141.953	141.923	141.960
DIC	147.113	0.031	118.713	118.688	118.719
ANUAL	1877.3	0.400	1355.0	1354.705	1355.105

Fuente: Elaboración propia.

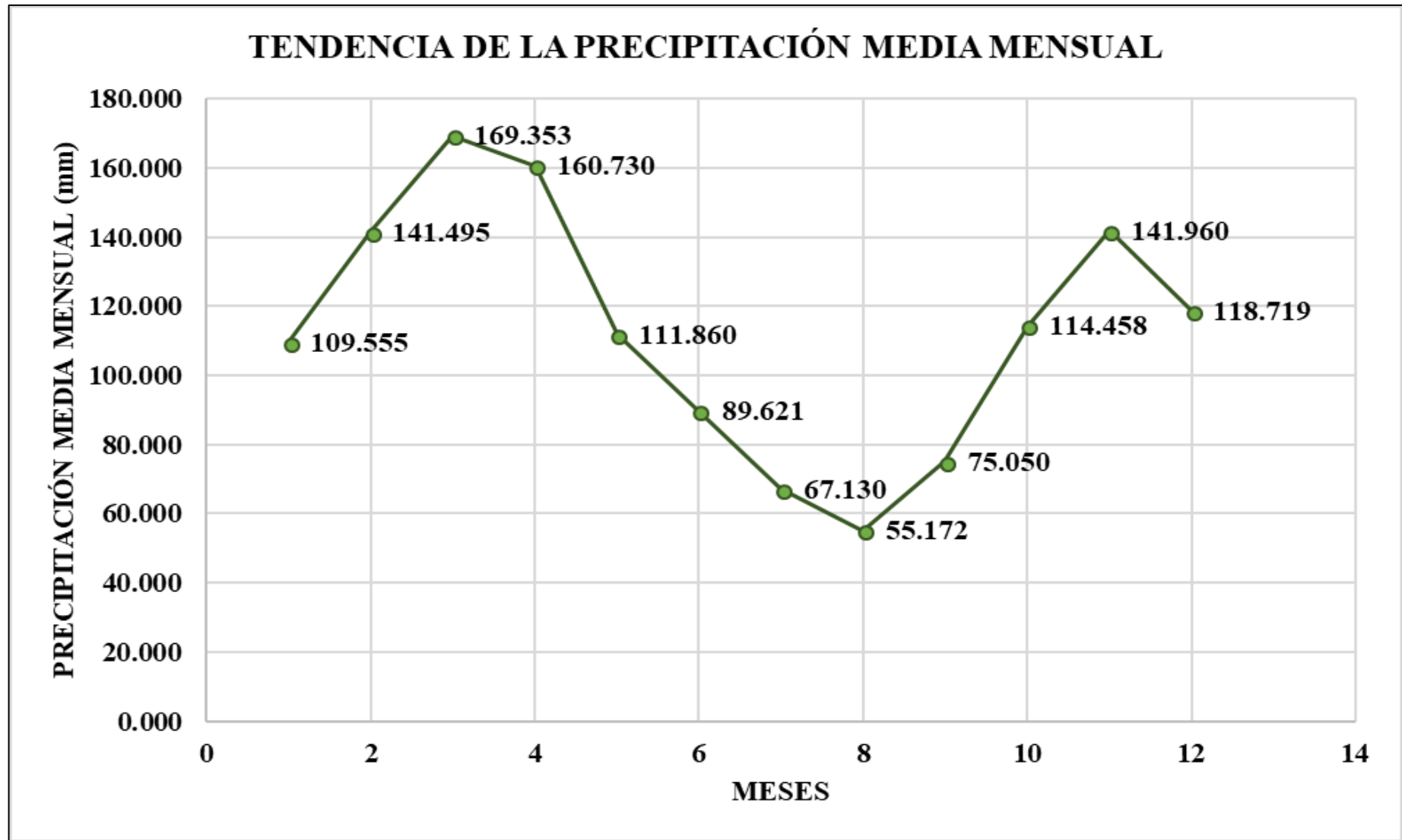


Figura 51: Tendencia de la Precipitación Media Mensual – Método polígono de Thiessen. (Autor).

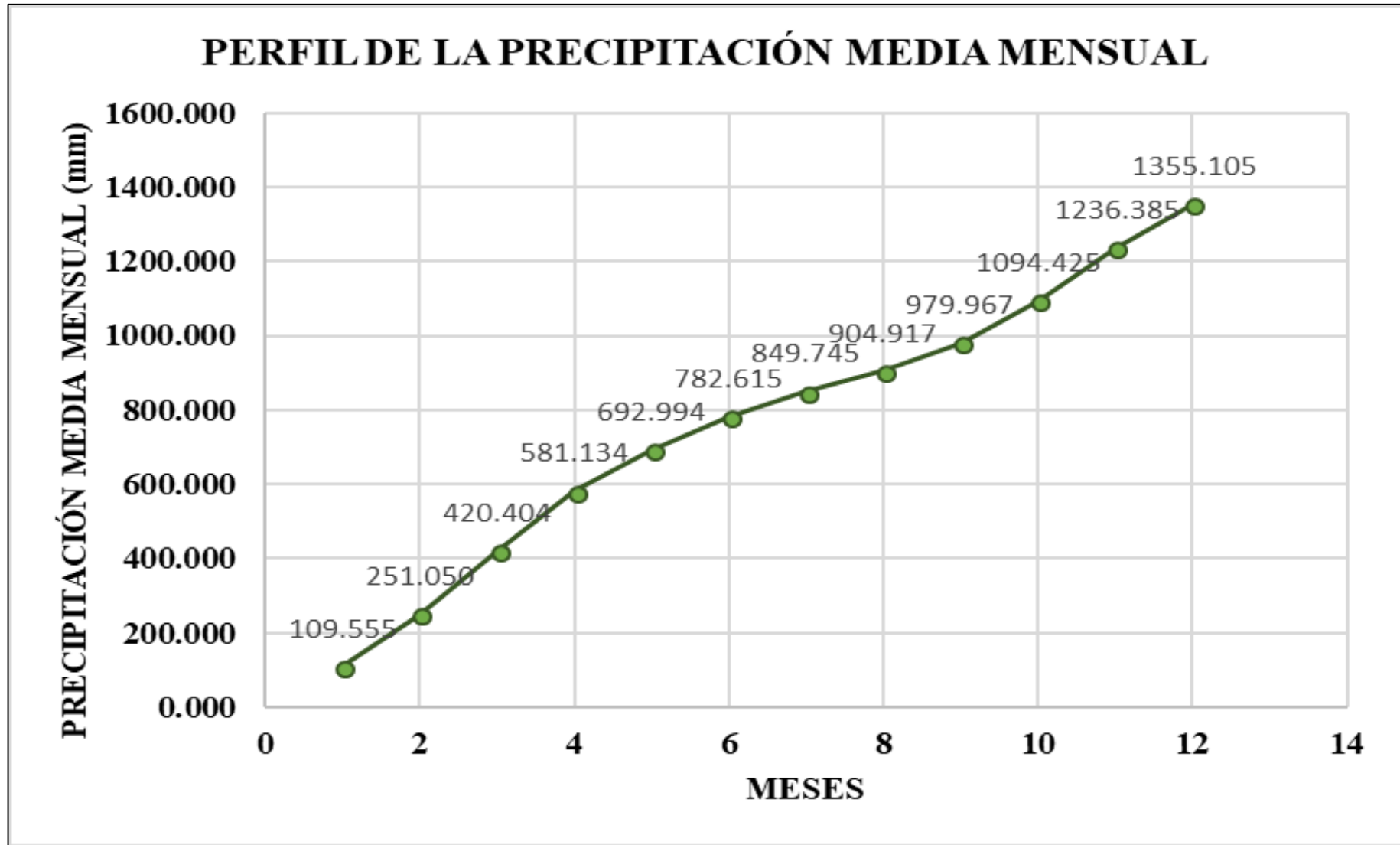


Figura 52: Perfil de la Precipitación Media Mensual – Método polígono de Thiessen. (Autor).

Tabla 19

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas - Enero

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
104	108	106	0.039262	4.162	0.122
108	112	110	11.19637	1231.60	36.112
112	116	114	9.741898	1110.58	32.563
116	120	118	9.133156	1077.71	31.600
120	124	122	3.526960	430.29	12.617
124	128	126	0.467500	58.91	1.727
TOTAL			34.10515	3913.246	114.741

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 20

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Febrero

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
136	138	137	0.200494	27.468	0.805
138	140	139	0.844951	117.448	3.444
140	142	141	4.828439	680.810	19.962
142	144	143	8.021024	1147.007	33.631
144	146	145	5.588381	810.315	23.759
146	148	147	5.950030	874.655	25.646
148	150	149	3.962449	590.405	17.311
150	152	151	2.441172	368.617	10.808
152	154	153	1.511028	231.187	6.779
154	156	155	0.649383	100.654	2.951
156	158	157	0.107798	16.924	0.496
TOTAL			34.10515	4965.490	145.594

Fuente: Elaboración propia

Tabla 21

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Marzo

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
166	168	167	0.000014	0.002	0.000
168	170	169	0.613625	103.703	3.041
168	170	169	0.091176	15.409	0.452
170	172	171	6.565040	1122.622	32.916
172	174	173	4.951756	856.654	25.118
174	176	175	3.034341	531.010	15.570
176	178	177	2.584955	457.537	13.415
178	180	179	3.446550	616.932	18.089
180	182	181	3.714089	672.250	19.711
182	184	183	3.006855	550.255	16.134
184	186	185	2.081408	385.060	11.290
186	188	187	1.591083	297.532	8.724
188	190	189	1.048962	198.254	5.813
190	192	191	0.843633	161.134	4.725
192	194	193	0.397907	76.796	2.252
194	196	195	0.133609	26.054	0.764
196	198	197	0.000151	0.030	0.001
TOTAL			34.10515	6071.233	178.015

Fuente: Elaboración propia

Tabla 22

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Abril.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
156	158	157	0.022872	3.591	0.105
158	160	159	0.781965	124.332	3.646
160	162	161	6.323735	1018.121	29.852
162	164	163	6.241497	1017.364	29.830
164	166	165	4.215536	695.563	20.395
166	168	167	5.027745	839.633	24.619
168	170	169	4.179223	706.289	20.709
170	172	171	2.841572	485.909	14.247
172	174	173	2.001113	346.193	10.151
174	176	175	1.309779	229.211	6.721
176	178	177	0.855251	151.379	4.439
178	180	179	0.280693	50.244	1.473
180	182	181	0.024168	4.374	0.128
TOTAL			34.10515	5672.206	166.315

Fuente: Elaboración propia

Tabla 23

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Mayo.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
112	114	113	4.41742	499.169	14.636
114	116	115	6.25808	719.680	21.102
116	118	117	3.81874	446.793	13.100
118	120	119	2.66821	317.517	9.310
120	122	121	3.41916	413.719	12.131
122	124	123	3.87486	476.608	13.975
124	126	125	3.13429	391.787	11.488
126	128	127	2.18768	277.837	8.146
128	130	129	1.69471	218.619	6.410
130	132	131	1.08681	142.372	4.175
132	134	133	0.88832	118.147	3.464
134	136	135	0.47378	63.961	1.875
136	138	137	0.17088	23.412	0.686
138	140	139	0.01214	1.688	0.049
TOTAL			34.10515	4111.309	120.548

Fuente: Elaboración propia

Tabla 24

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Junio.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
86	88	87	0.03307	2.878	0.084
88	90	89	1.56398	139.194	4.081
88	90	89	0.18720	16.661	0.489
90	92	91	11.7472	1069.000	31.344
92	94	93	6.69690	622.813	18.262
94	96	95	6.01316	571.250	16.750
96	98	97	3.77617	366.289	10.740
98	100	99	2.23556	221.321	6.489
100	102	101	1.38642	140.029	4.106
102	104	103	0.43618	44.927	1.317
104	106	105	0.02921	3.068	0.090
TOTAL			34.10515	3197.430	93.752

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Julio.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
66	68	67	0.312241	20.920	0.613
68	70	69	6.602125	455.547	13.357
70	72	71	7.067762	501.811	14.714
72	74	73	3.469080	253.243	7.425
74	76	75	4.484765	336.357	9.862
76	78	77	4.853654	373.731	10.958
78	80	79	3.220246	254.399	7.459
80	82	81	2.050890	166.122	4.871
82	84	83	1.309062	108.652	3.186
84	86	85	0.624524	53.085	1.556
86	88	87	0.110798	9.639	0.283
TOTAL			34.10515	2533.508	74.285

Fuente: Elaboración propia

Tabla 26

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Agosto.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
54	56	55	0.878930	48.341	1.417
56	58	57	11.47755	654.221	19.182
58	60	59	6.968055	411.115	12.054
60	62	61	8.465759	516.411	15.142
62	64	63	4.633348	291.901	8.559
64	66	65	1.607811	104.508	3.064
66	68	67	0.073691	4.937	0.145
TOTAL			34.10515	2031.435	59.564

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Septiembre.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
74	76	75	0.181	13.599	0.399
76	78	77	2.564	197.433	5.789
78	80	79	5.197	410.555	12.038
80	82	81	5.142	416.527	12.213
82	84	83	4.071	337.880	9.907
84	86	85	2.942	250.078	7.333
86	88	87	4.010	348.843	10.228
88	90	89	4.265	379.617	11.131
90	92	91	2.721	247.646	7.261
92	94	93	1.615	150.190	4.404
94	96	95	1.060	100.662	2.952
96	98	97	0.316	30.680	0.900
98	100	99	0.020	2.017	0.059
TOTAL			34.105	2885.725	84.613

Fuente: Elaboración propia

Tabla 28

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Octubre.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
114	116	115	0.475	54.569	1.600
116	118	117	3.156	369.229	10.826
118	120	119	4.758	566.168	16.601
120	122	121	4.809	581.910	17.062
122	124	123	3.713	456.749	13.392
124	126	125	2.633	329.182	9.652
126	128	127	3.368	427.751	12.542
128	130	129	3.943	508.595	14.913
130	132	131	3.398	445.130	13.052
132	134	133	1.913	254.447	7.461
134	136	135	1.168	157.659	4.623
136	138	137	0.652	89.327	2.619
138	140	139	0.119	16.602	0.487
TOTAL			34.105	4257.317	124.829

Fuente: Elaboración propia

Tabla 29

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Noviembre.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
138	140	139	0.093342	12.975	0.380
140	142	141	1.353097	190.787	5.594
142	144	143	11.38307	1627.780	47.728
144	146	145	6.070776	880.263	25.810
146	148	147	7.253110	1066.207	31.262
148	150	149	4.549953	677.943	19.878
150	152	151	2.300963	347.445	10.187
152	154	153	1.004509	153.690	4.506
154	156	155	0.096323	14.930	0.438
TOTAL			34.105	4972.020	145.785

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30

Precipitación por el Método de las Curvas Isoyetas – Diciembre.

ISOYET A MENOR (mm)	ISOYET A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDI O (mm)	AREA ENTRE CURVA S (m2)	VOLUME N ENTRE ISOYETAS (m3)	PRECIPITACIÓ N MEDIA (mm)
114	116	115	0.281	32.339	0.948
116	118	117	1.113	130.243	3.819
118	120	119	10.829	1288.640	37.784
120	122	121	7.728	935.073	27.417
122	124	123	7.820	961.822	28.202
124	126	125	4.007	500.876	14.686
126	128	127	1.951	247.792	7.266
128	130	129	0.376	48.524	1.423
TOTAL			34.105	4145.309	121.545

Fuente: Elaboración propia

Tabla 31

Precipitación Media Anual por el Método de las Curvas Isoyetas.

ISOYETA A MENOR (mm)	ISOYETA A MAYOR (mm)	ISOYETA PROMEDIO (mm)	AREA ENTRE CURVAS (m²)	VOLUMEN ENTRE ISOYETAS (m³)	PRECIPITACIÓN MEDIA (mm)
1320	1360	1340	54.36097	72843.700	2.136
1360	1400	1380	13048.41	18006810.0	527.979
1400	1440	1420	6919.140	9825178.80	288.085
1440	1480	1460	8146.314	11893618.5	348.734
1480	1520	1500	4032.012	6048018.85	177.334
1520	1560	1540	1736.301	2673905.02	78.402
1560	1600	1580	168.6110	266405.48	7.811
TOTAL			34105.15	48786780.5	1430.481

Fuente: Elaboración propia

Las gráficas que representan la tendencia y perfil de estos datos se aprecian en las figuras 53 y 54.

d) Precipitación Promedio En La Cuenca

Se promedió la Precipitación obtenida por el método del polígono de Thiessen y el método de Curvas Isoyetas. Figuras 55 y 56 para ver su perfil y tendencia.

Tabla 32

Precipitación Promedio Mensual y Anual.

PERÍODO	PRECIPITACIÓN MEDIA - CURVAS ISOYETAS (mm)	PRECIPITACIÓN MEDIA - POLÍGONO DE THIESEN (mm)	PRECIPITACIÓN PROMEDIO (mm)
ENE	114.7406125	109.555	112.148
FEB	145.5935486	141.495	143.544
MAR	178.0151277	169.353	173.684
ABR	166.3152036	160.730	163.523
MAY	120.5480239	111.860	116.204
JUN	93.75210248	89.621	91.687
JUL	74.28518326	67.130	70.707
AGO	59.56385842	55.172	57.368
SET	84.61259022	75.050	79.832
OCT	124.8291399	114.458	119.643
NOV	145.7849994	141.960	143.873
DIC	121.5449479	118.719	120.132
ANUAL	1429.585	1355.105	1392.345

Fuente: Elaboración propia

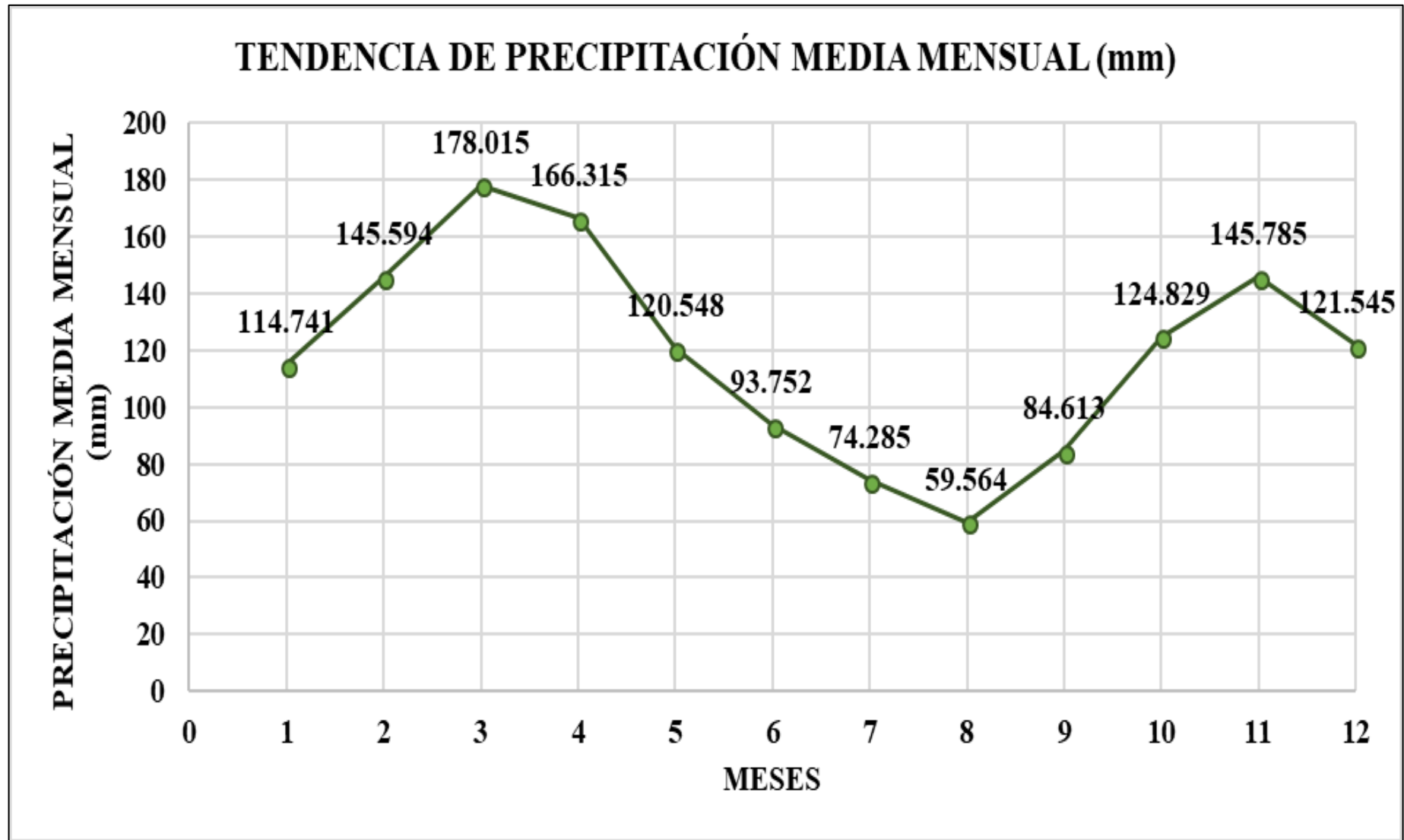


Figura 53: Tendencia de la Precipitación Media Mensual – Método de las Curva Isoyeta (Autor).

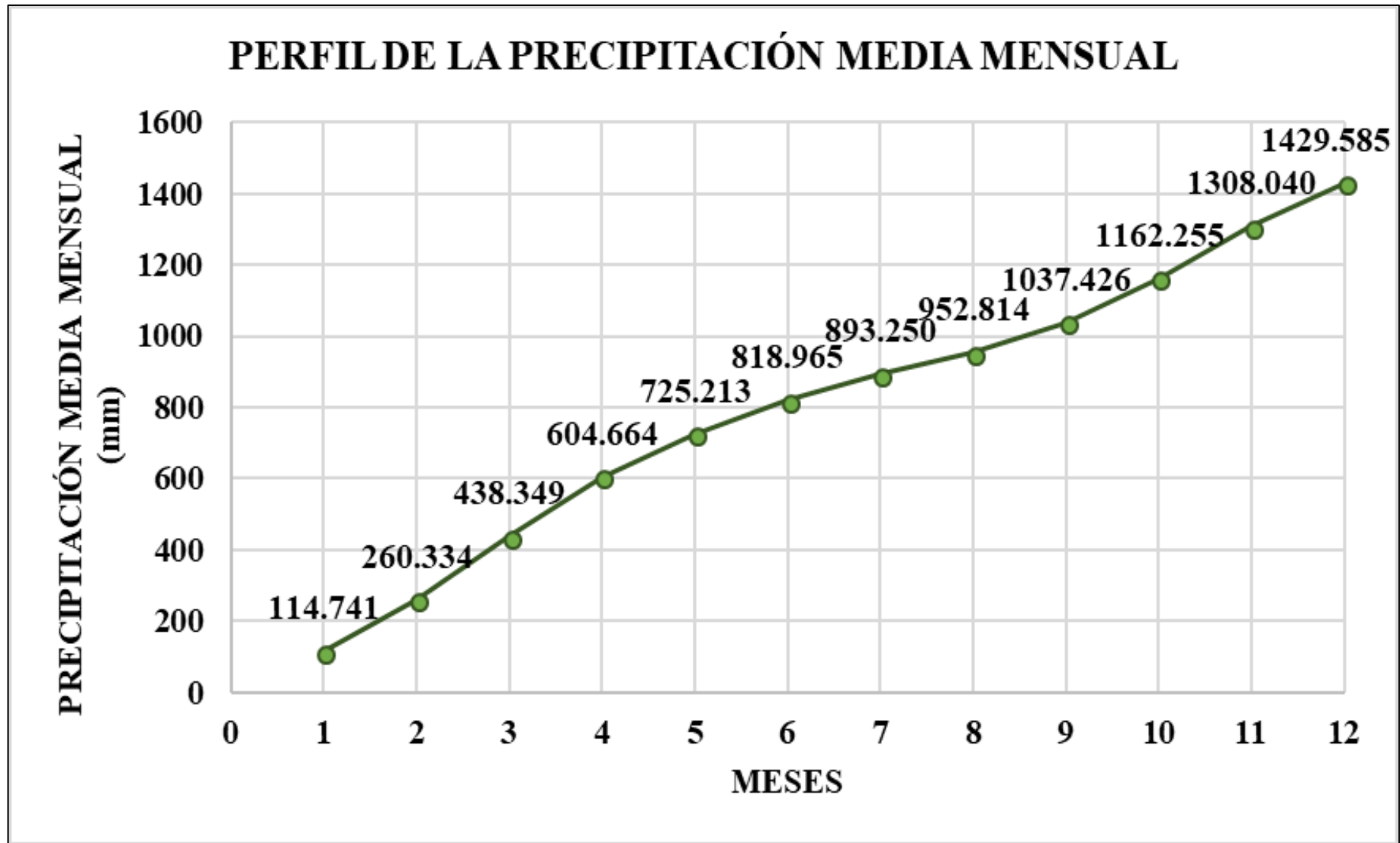


Figura 54: Perfil de la Precipitación Mensual – Método de Curvas Isoyetas (Autor).

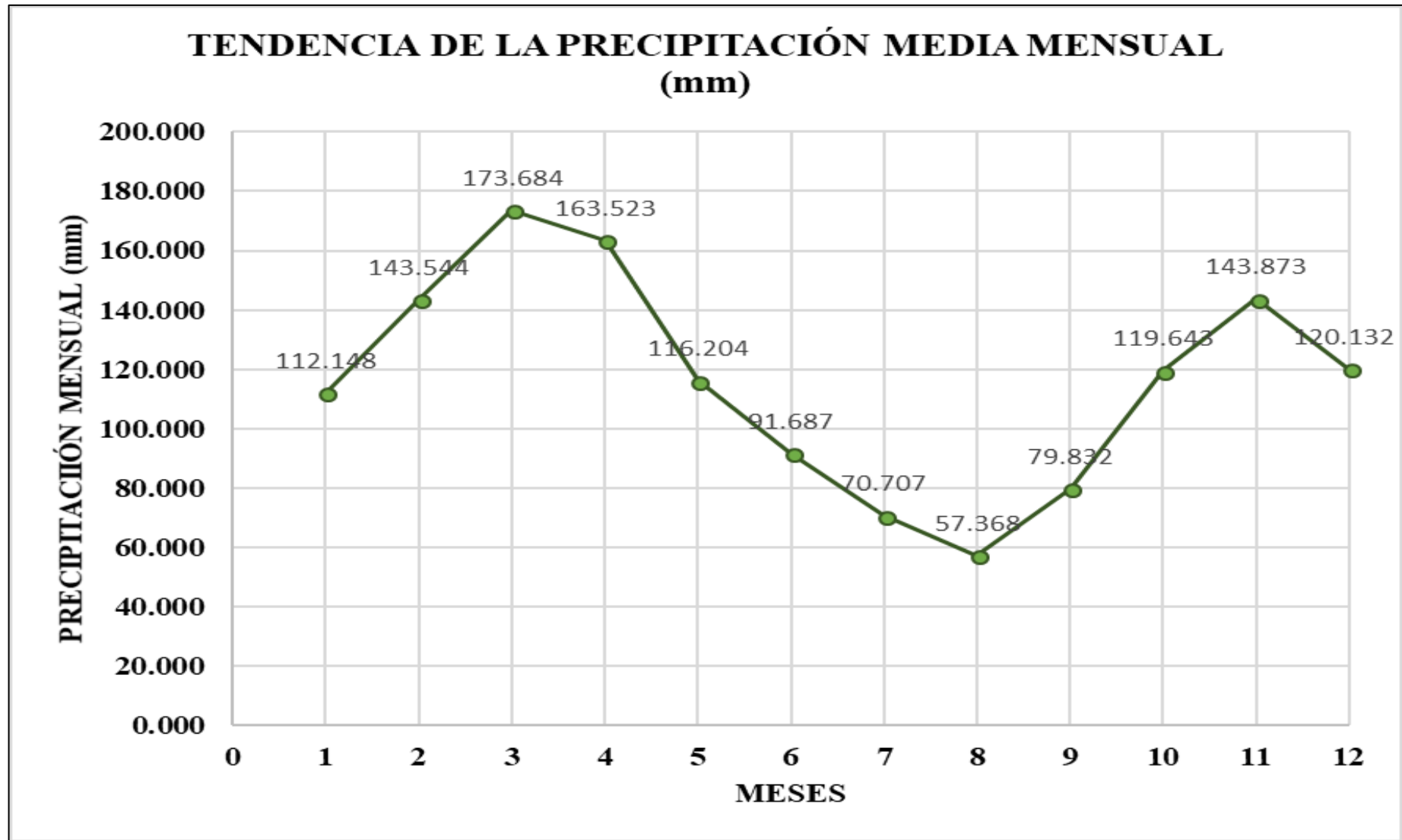


Figura 55: Tendencia del Promedio de la Precipitación Media Mensual (Autor).

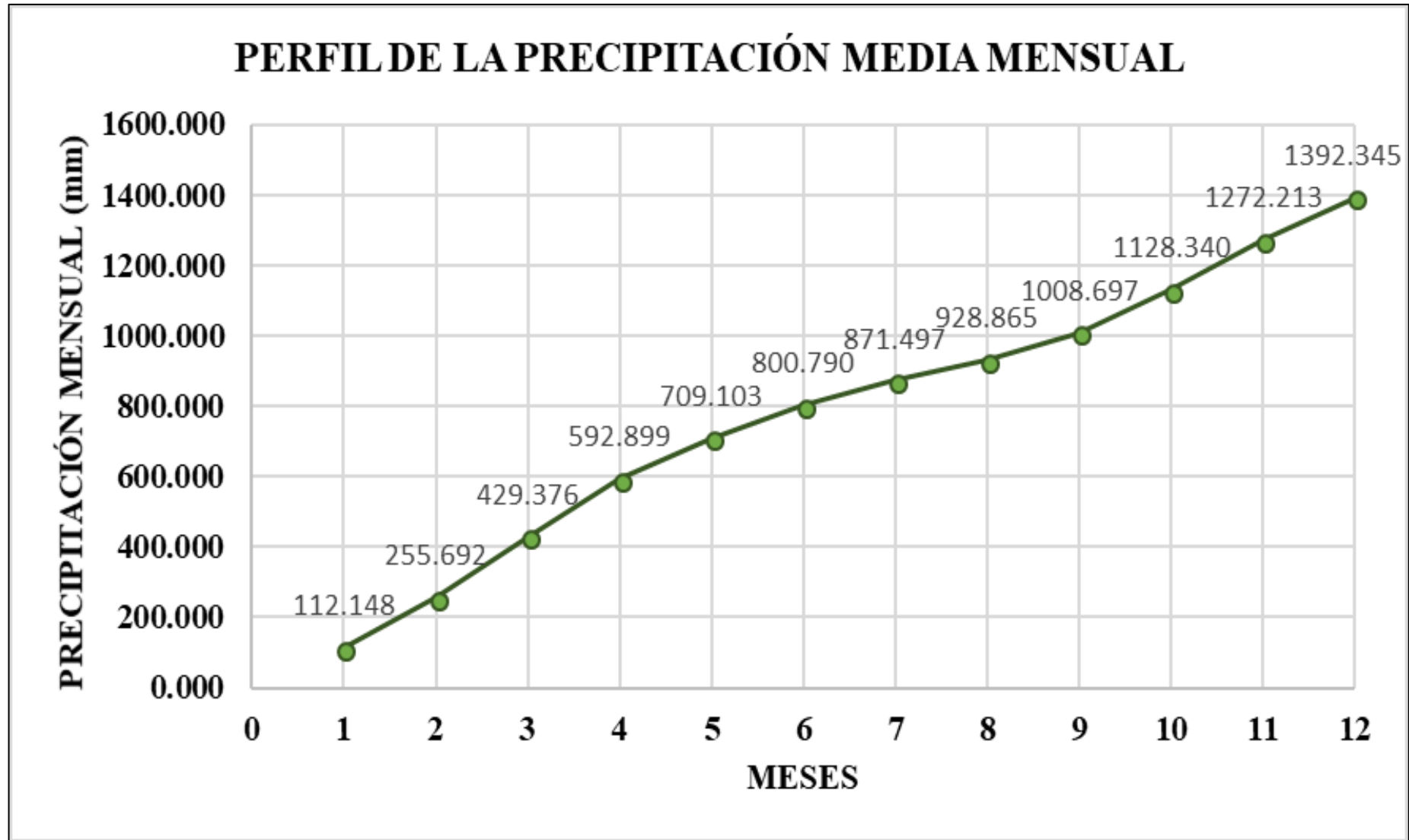


Figura 56: Perfil del Promedio de la Precipitación Media de la Cuenca (Autor).

3.1.3 Evapotranspiración

a) Trazo del Perfil de los datos de Temperatura.

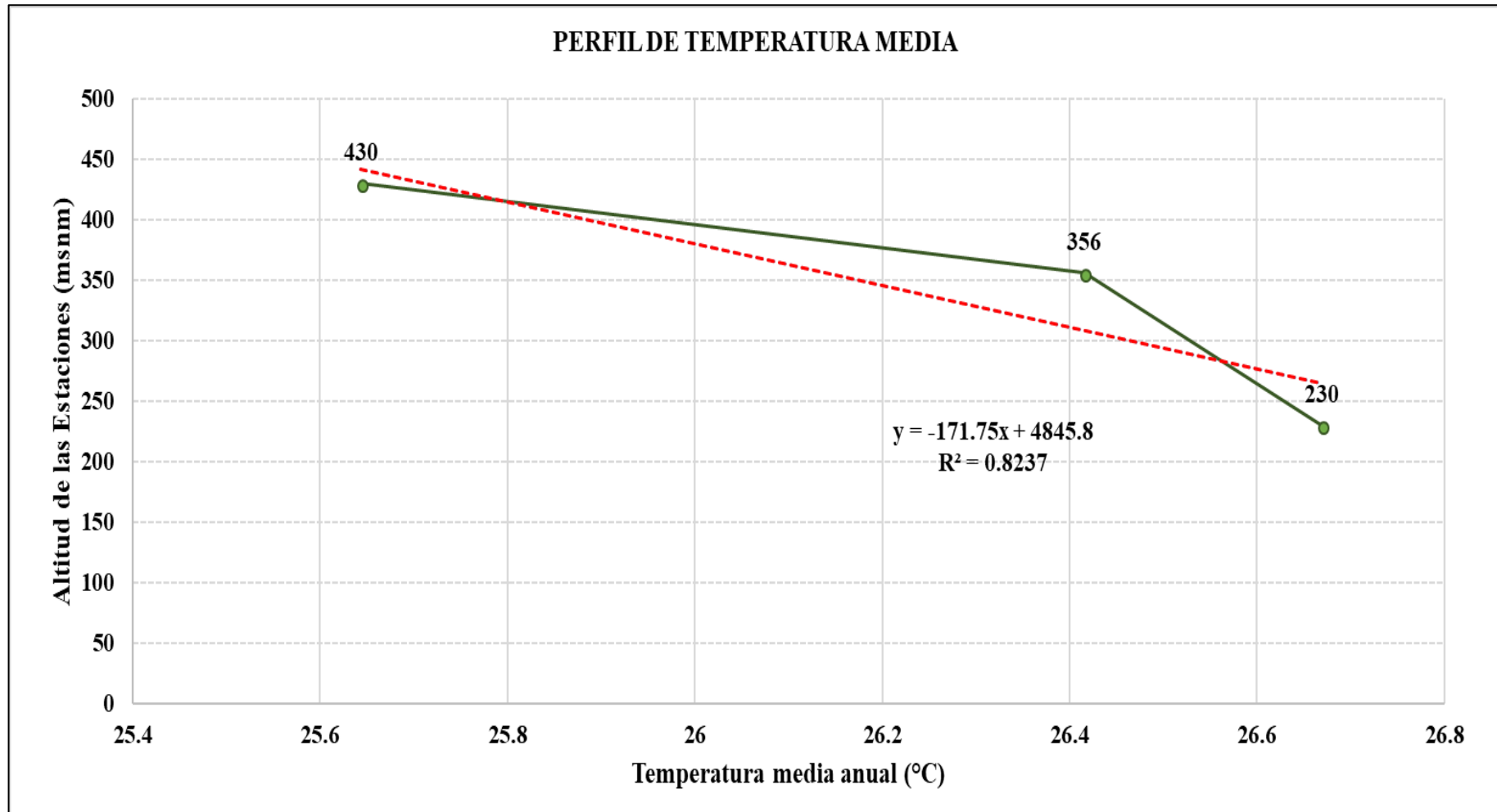


Figura 57: Perfil de Temperatura Media Anual. (Autor).

b) Temperatura Media Anual y Mensual

Presentaremos primero la tabla de resumen de los resultados y la corrección y aproximación a los datos mensuales que se usarán posteriormente.

Tabla 33

Resultados de Temperaturas.

MÉTODO	TEMPERATURA (°C)
CURVAS ISOTERMAS	26.2988
LINEA DE TENDENCIA	24.77214379
ZONAS DE VIDA	22.55327144
PROMEDIO	24.5414

Fuente: Elaboración propia

Aproximación de la Temperatura Mensual

Para la aproximación de los datos de temperatura mensual se procedió a realizar la línea de tendencia de cada temperatura mensual para luego corregirla por comparación a la temperatura media anual utilizando los métodos de racionalidad y por la temperatura promedio.

Tabla 34

Precipitación Promedio Mensual Anual

PERÍODO	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL (C°)	TEMPERATURA MEDIA MENSUAL CORREGIDA 1(C°)
ENE	23.50852601	24.36477512
FEB	23.7186598	24.5825626
MAR	23.44326855	24.29714079
ABR	23.620174	24.48048966
MAY	23.80563345	24.67270407
JUN	23.38925473	24.24115963
JUL	23.57980205	24.43864724
AGO	24.41363182	25.30284753
SET	24.07851614	24.95552595
OCT	23.89441129	24.76471547
NOV	24.59492113	25.49073992
DIC	24.77214379	25.67441755
ANUAL	23.90157856	24.77214379

Fuente: Elaboración propia

Descripción de los resultados de los métodos usados.

Método 1: Curvas Isotermas

Tabla 35

Curvas Isotermas.

Isoterma Menor (°C)	Isoterma Mayor (°C)	Isoterma Promedio (°C)	Área entre Curvas (m2)	Volumen entre Curvas (m2*°C)	Temperatura Media (°C)
26.05	26.1	26.075	251278.3994	6552084.264	0.192114
26.1	26.15	26.125	1393867.323	36414783.819	1.067721
26.15	26.2	26.175	2599076.525	68030828.037	1.994737
26.2	26.25	26.225	4865237.031	127590841.146	3.741101
26.25	26.3	26.275	6686463.916	175686839.385	5.151328
26.3	26.35	26.325	5149360.29	135556909.638	3.974675
26.35	26.4	26.375	13159870.27	347091578.442	10.177101
TOTAL			34105153.76	896923864.731	26.2988

Fuente: Elaboración propia

Método 2: Zonas de Vida

Tabla 36

Zonas de Vida

ALTURA MAYOR (msnm)	ALTURA MENOR (msnm)	% AREA ENTRE CURVA	TEMPERATURA PARCIAL (°C) $T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	TEMPERATURA MEDIA (°C)
245	400	15.25861421	24.8	3.784
400	600	27.47430698	24.5	6.731
600	900	25.45046880	22.5	5.726
900	1400	29.22923105	20.0	5.846
1400	1670	2.58737897	18.0	0.466
TOTAL				22.553

Fuente: Elaboración propia

Método 3: Relación Altura-Temperatura o Líneas de Tendencia

Tabla 37

Tendencia de Temperatura

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área entre Curva	Temperatura Parcial (°C) $T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	Temperatura Media (°C)
245	260	27.54517732	27.46046984	2.261026171	27.50282358	0.622
260	300	27.46046984	27.23458324	3.871129475	27.34752654	1.059
300	400	27.23458324	26.66986673	9.126458561	26.95222498	2.460
400	500	26.66986673	26.10515021	14.65795476	26.38750847	3.868
500	600	26.10515021	25.5404337	12.81635222	25.82279196	3.310
600	700	25.5404337	24.97571719	9.87000608	25.25807545	2.493
700	800	24.97571719	24.41100068	8.582618914	24.69335893	2.119
800	900	24.41100068	23.84628417	6.997843804	24.12864242	1.688
900	1000	23.84628417	23.28156765	7.863379494	23.56392591	1.853
1000	1100	23.28156765	22.71685114	7.333723383	22.9992094	1.687
1100	1200	22.71685114	22.15213463	5.849582535	22.43449288	1.312
1200	1300	22.15213463	21.58741812	4.43104222	21.86977637	0.969
1300	1400	21.58741812	21.0227016	3.751503414	21.30505986	0.799
1400	1500	21.0227016	20.45798509	2.053913939	20.74034335	0.426
1500	1600	20.45798509	19.89326858	0.485644507	20.17562684	0.098
1600	1670	19.89326858	19.49796702	0.047820521	19.6956178	0.009
				100.00	TOTAL	24.772

Fuente: Elaboración propia

Tabla 38

Temperatura Promedio Mensual – Enero

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área entre la Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ Temperatura Parcial (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	27.86411212	27.73106262	2.261026171	27.79758737	0.629
260	300	27.73106262	27.37626397	3.871129475	27.5536633	1.067
300	400	27.37626397	26.48926734	9.126458561	26.93276566	2.458
400	500	26.48926734	25.60227071	14.65795476	26.04576903	3.818
500	600	25.60227071	24.71527408	12.81635222	25.1587724	3.224
600	700	24.71527408	23.82827745	9.87000608	24.27177577	2.396
700	800	23.82827745	22.94128082	8.582618914	23.38477914	2.007
800	900	22.94128082	22.05428419	6.997843804	22.49778251	1.574
900	1000	22.05428419	21.16728756	7.863379494	21.61078588	1.699
1000	1100	21.16728756	20.28029093	7.333723383	20.72378925	1.520
1100	1200	20.28029093	19.39329431	5.849582535	19.83679262	1.160
1200	1300	19.39329431	18.50629768	4.43104222	18.94979599	0.840
1300	1400	18.50629768	17.61930105	3.751503414	18.06279936	0.678
1400	1500	17.61930105	16.73230442	2.053913939	17.17580273	0.353
1500	1600	16.73230442	15.84530779	0.485644507	16.2888061	0.079
1600	1670	15.84530779	15.22441015	0.047820521	15.53485897	0.007
				100	TOTAL	23.509

Fuente: Elaboración propia

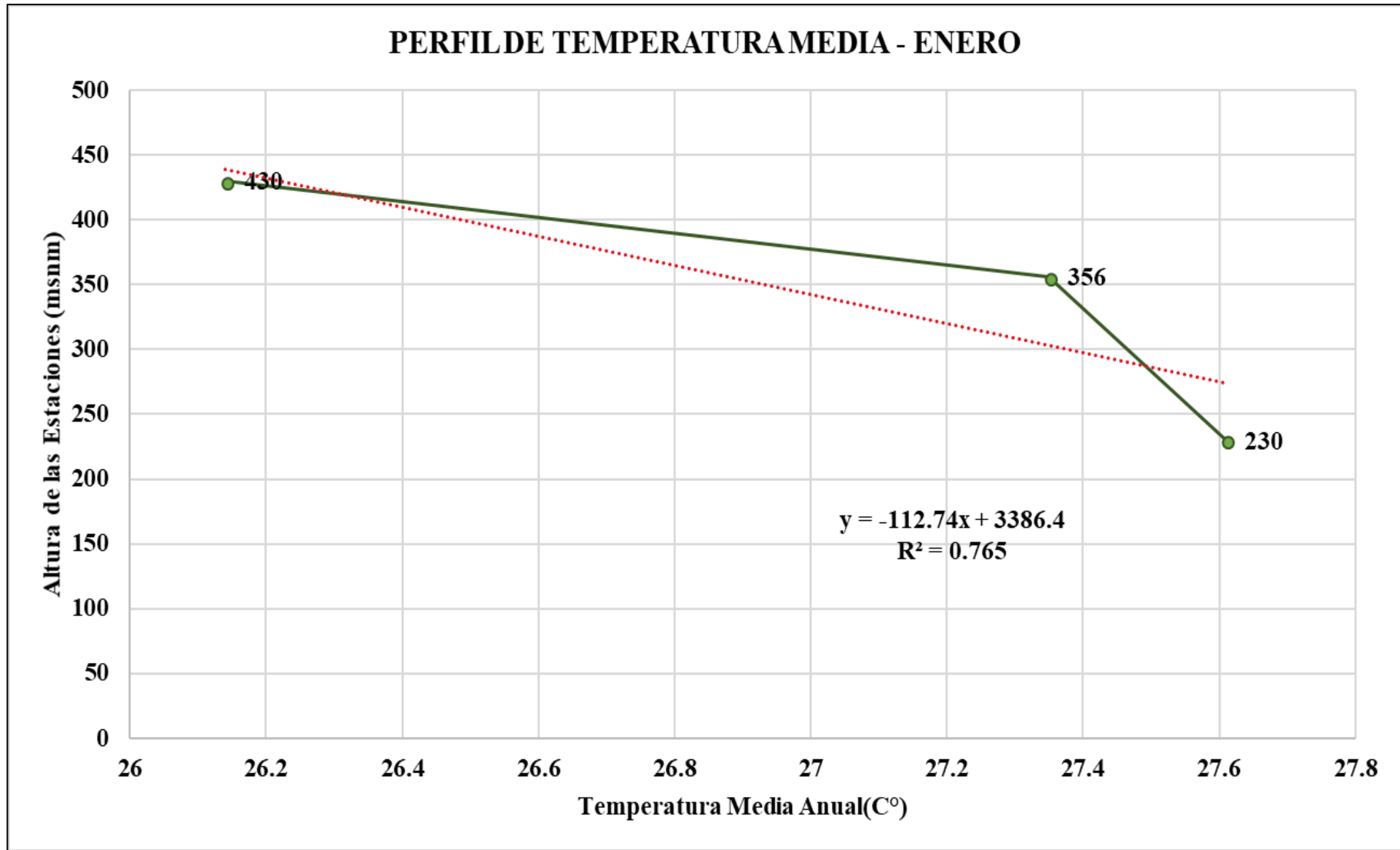


Figura 58: Perfil de Temperatura Media Mensual - Enero. (Autor).

Tabla 39

Temperatura Promedio Mensual – Febrero

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ Temperatura Parcial (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	27.16824728	27.0628732	2.261026171	27.11556024	0.613
260	300	27.0628732	26.78187566	3.871129475	26.92237443	1.042
300	400	26.78187566	26.07938181	9.126458561	26.43062873	2.412
400	500	26.07938181	25.37688795	14.65795476	25.72813488	3.771
500	600	25.37688795	24.6743941	12.81635222	25.02564103	3.207
600	700	24.6743941	23.97190025	9.87000608	24.32314717	2.401
700	800	23.97190025	23.26940639	8.582618914	23.62065332	2.027
800	900	23.26940639	22.56691254	6.997843804	22.91815947	1.604
900	1000	22.56691254	21.86441869	7.863379494	22.21566561	1.747
1000	1100	21.86441869	21.16192483	7.333723383	21.51317176	1.578
1100	1200	21.16192483	20.45943098	5.849582535	20.81067791	1.217
1200	1300	20.45943098	19.75693713	4.43104222	20.10818405	0.891
1300	1400	19.75693713	19.05444327	3.751503414	19.4056902	0.728
1400	1500	19.05444327	18.35194942	2.053913939	18.70319635	0.384
1500	1600	18.35194942	17.64945557	0.485644507	18.00070249	0.087
1600	1670	17.64945557	17.15770987	0.047820521	17.40358272	0.008
				100	TOTAL	23.719

Fuente: Elaboración propia

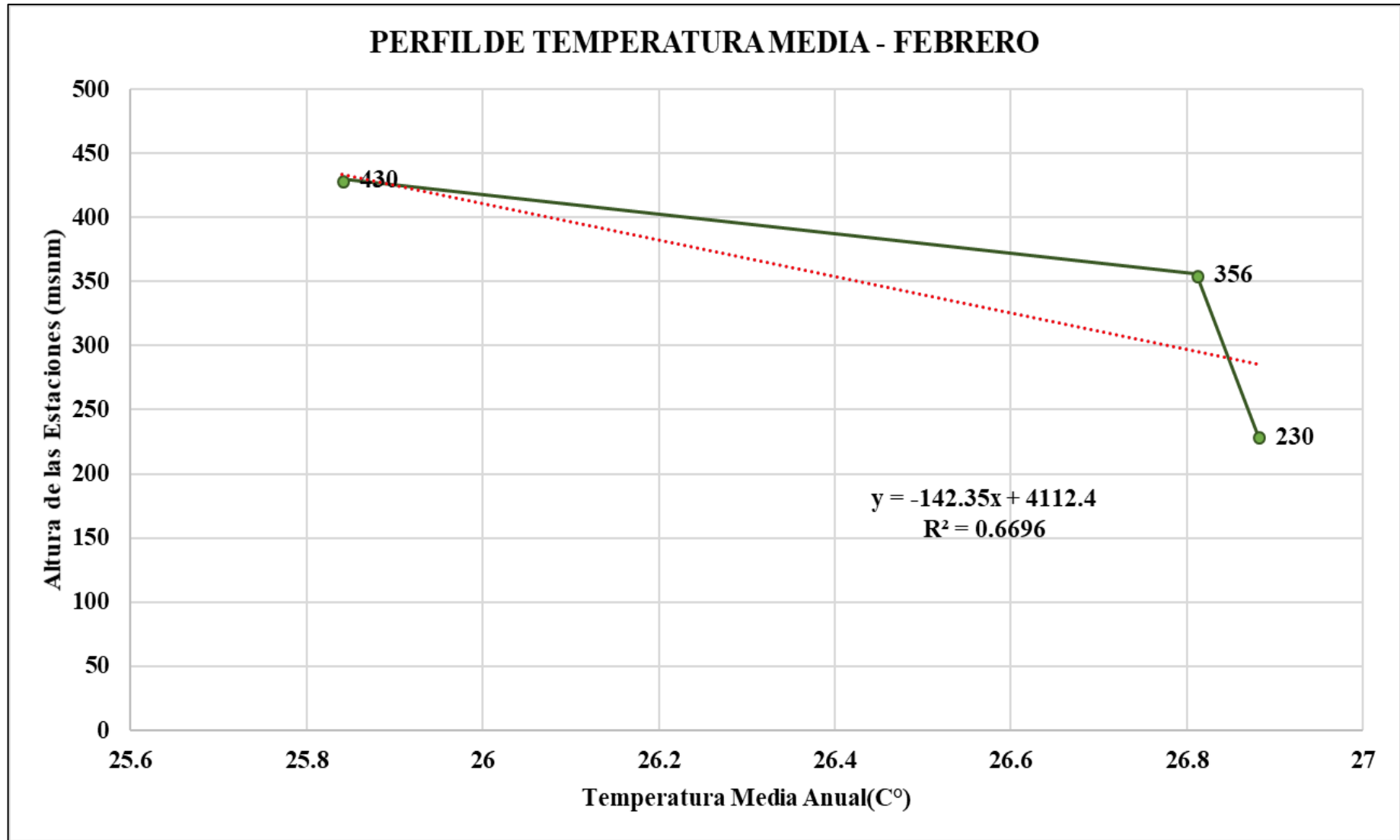


Figura 59: Perfil de Temperatura Media Mensual - Febrero. (Autor).

Tabla 40

Temperatura Promedio Mensual – Marzo

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ Temperatura Parcial (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	26.65315728	26.55510524	2.261026171	26.60413126	0.602
260	300	26.55510524	26.29363315	3.871129475	26.4243692	1.023
300	400	26.29363315	25.63995294	9.126458561	25.96679304	2.370
400	500	25.63995294	24.98627272	14.65795476	25.31311283	3.710
500	600	24.98627272	24.3325925	12.81635222	24.65943261	3.160
600	700	24.3325925	23.67891228	9.87000608	24.00575239	2.369
700	800	23.67891228	23.02523206	8.582618914	23.35207217	2.004
800	900	23.02523206	22.37155184	6.997843804	22.69839195	1.588
900	1000	22.37155184	21.71787162	7.863379494	22.04471173	1.733
1000	1100	21.71787162	21.0641914	7.333723383	21.39103151	1.569
1100	1200	21.0641914	20.41051118	5.849582535	20.73735129	1.213
1200	1300	20.41051118	19.75683096	4.43104222	20.08367107	0.890
1300	1400	19.75683096	19.10315074	3.751503414	19.42999085	0.729
1400	1500	19.10315074	18.44947052	2.053913939	18.77631063	0.386
1500	1600	18.44947052	17.7957903	0.485644507	18.12263041	0.088
1600	1670	17.7957903	17.33821415	0.047820521	17.56700222	0.008
				100	TOTAL	23.443

Fuente: Elaboración propia

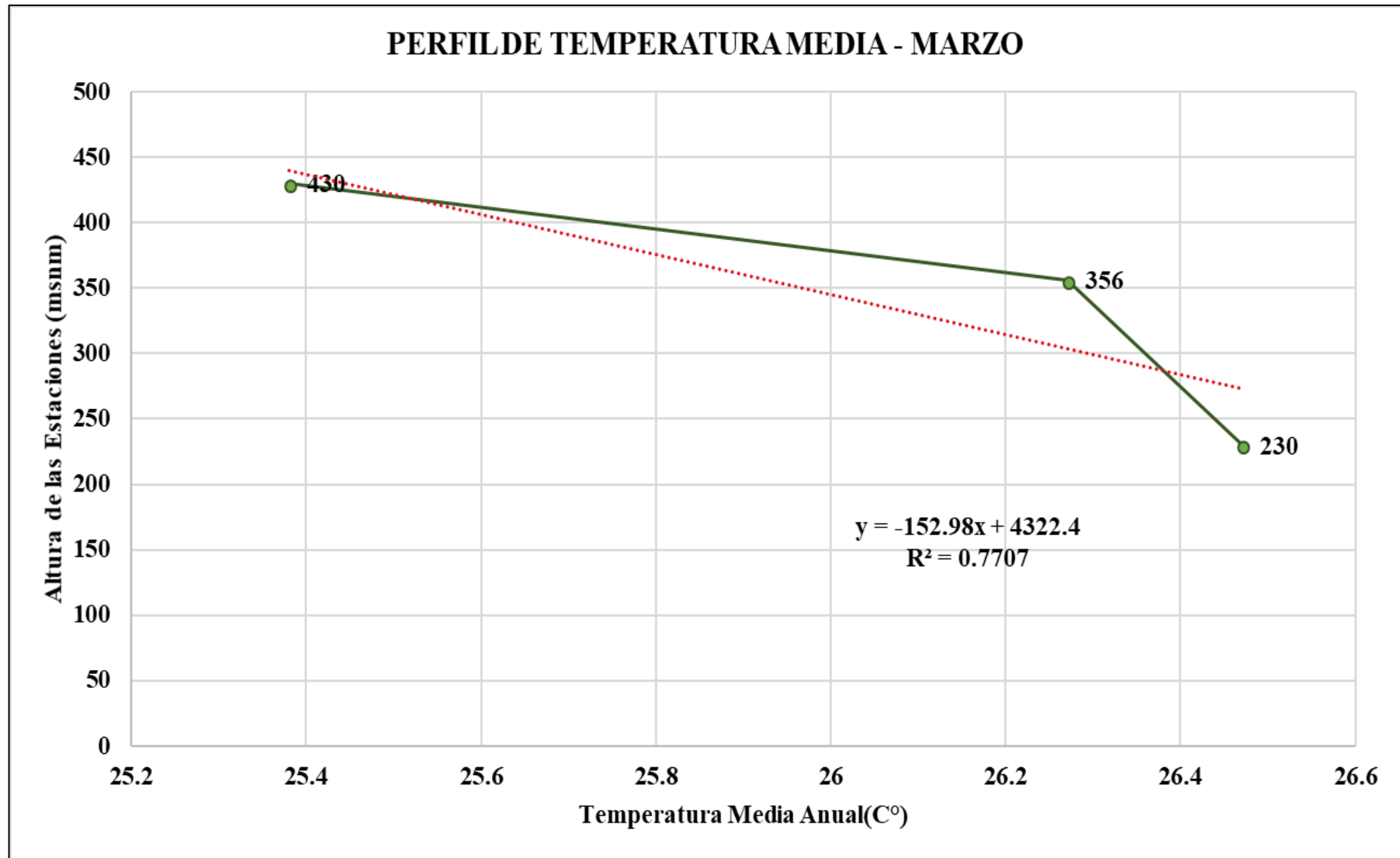


Figura 60: Perfil de Temperatura Media Mensual - Marzo. (Autor).

Tabla 41

Temperatura Promedio Mensual –Abril

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	Temperatura Parcial $\frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	26.42873484	26.34294212	2.261026171	26.38583848	0.597
260	300	26.34294212	26.11416152	3.871129475	26.22855182	1.015
300	400	26.11416152	25.54221002	9.126458561	25.82818577	2.357
400	500	25.54221002	24.97025852	14.65795476	25.25623427	3.702
500	600	24.97025852	24.39830702	12.81635222	24.68428277	3.164
600	700	24.39830702	23.82635553	9.87000608	24.11233127	2.380
700	800	23.82635553	23.25440403	8.582618914	23.54037978	2.020
800	900	23.25440403	22.68245253	6.997843804	22.96842828	1.607
900	1000	22.68245253	22.11050103	7.863379494	22.39647678	1.761
1000	1100	22.11050103	21.53854953	7.333723383	21.82452528	1.601
1100	1200	21.53854953	20.96659803	5.849582535	21.25257378	1.243
1200	1300	20.96659803	20.39464653	4.43104222	20.68062228	0.916
1300	1400	20.39464653	19.82269504	3.751503414	20.10867078	0.754
1400	1500	19.82269504	19.25074354	2.053913939	19.53671929	0.401
1500	1600	19.25074354	18.67879204	0.485644507	18.96476779	0.092
1600	1670	18.67879204	18.27842599	0.047820521	18.47860901	0.009
				100	TOTAL	23.620

Fuente: Elaboración propia

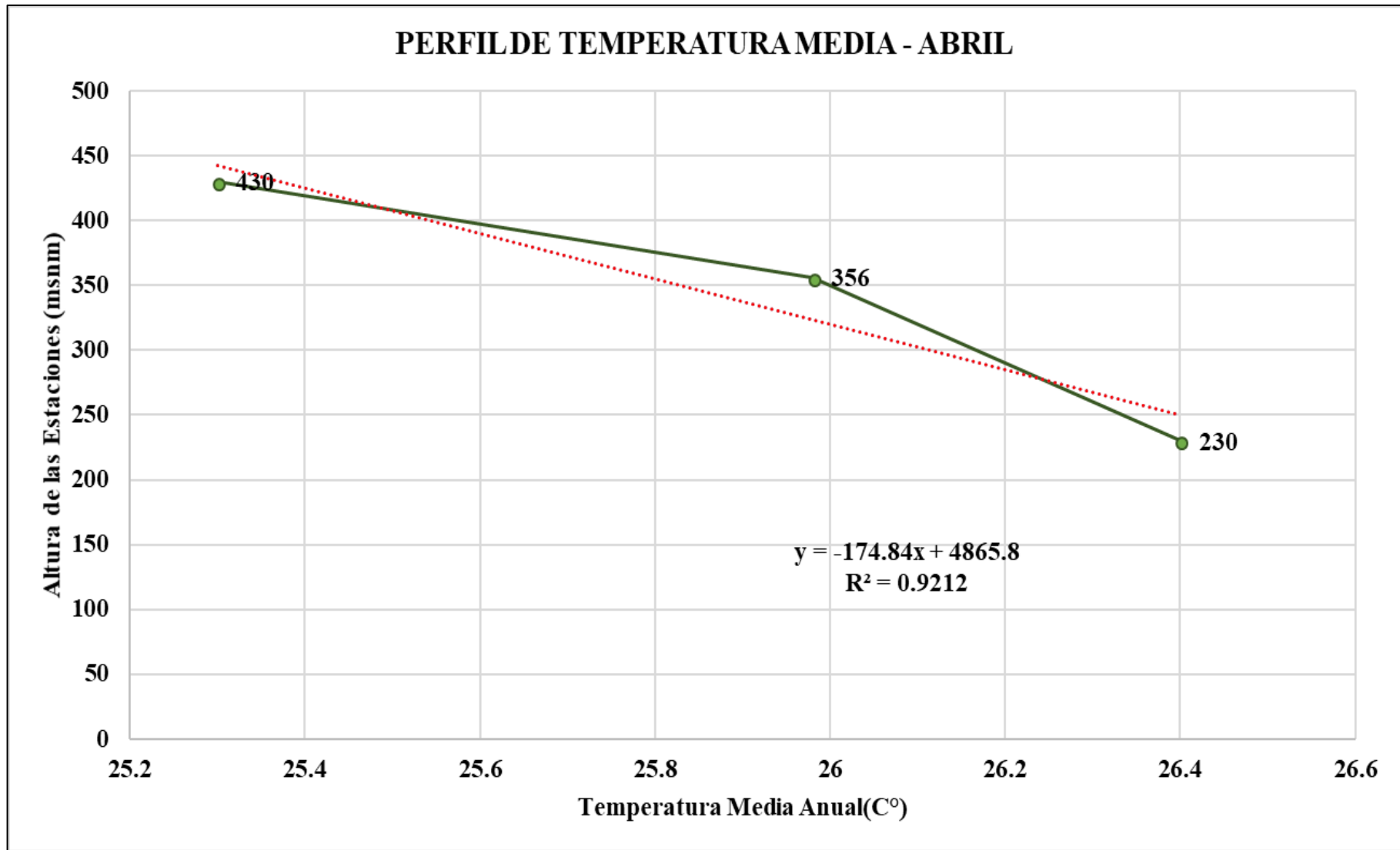


Figura 61: Perfil de Temperatura Media Mensual - Abril. (Autor).

Tabla 42

Temperatura Promedio Mensual –Mayo

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ Temperatura Parcial (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	26.20438669	26.13111231	2.261026171	26.1677495	0.592
260	300	26.13111231	25.93571394	3.871129475	26.03341312	1.008
300	400	25.93571394	25.44721802	9.126458561	25.69146598	2.345
400	500	25.44721802	24.95872209	14.65795476	25.20297006	3.694
500	600	24.95872209	24.47022617	12.81635222	24.71447413	3.167
600	700	24.47022617	23.98173025	9.87000608	24.22597821	2.391
700	800	23.98173025	23.49323433	8.582618914	23.73748229	2.037
800	900	23.49323433	23.00473841	6.997843804	23.24898637	1.627
900	1000	23.00473841	22.51624249	7.863379494	22.76049045	1.790
1000	1100	22.51624249	22.02774657	7.333723383	22.27199453	1.633
1100	1200	22.02774657	21.53925065	5.849582535	21.78349861	1.274
1200	1300	21.53925065	21.05075473	4.43104222	21.29500269	0.944
1300	1400	21.05075473	20.56225881	3.751503414	20.80650677	0.781
1400	1500	20.56225881	20.07376288	2.053913939	20.31801084	0.417
1500	1600	20.07376288	19.58526696	0.485644507	19.82951492	0.096
1600	1670	19.58526696	19.24331982	0.047820521	19.41429339	0.009
				100	TOTAL	23.806

Fuente: Elaboración propia

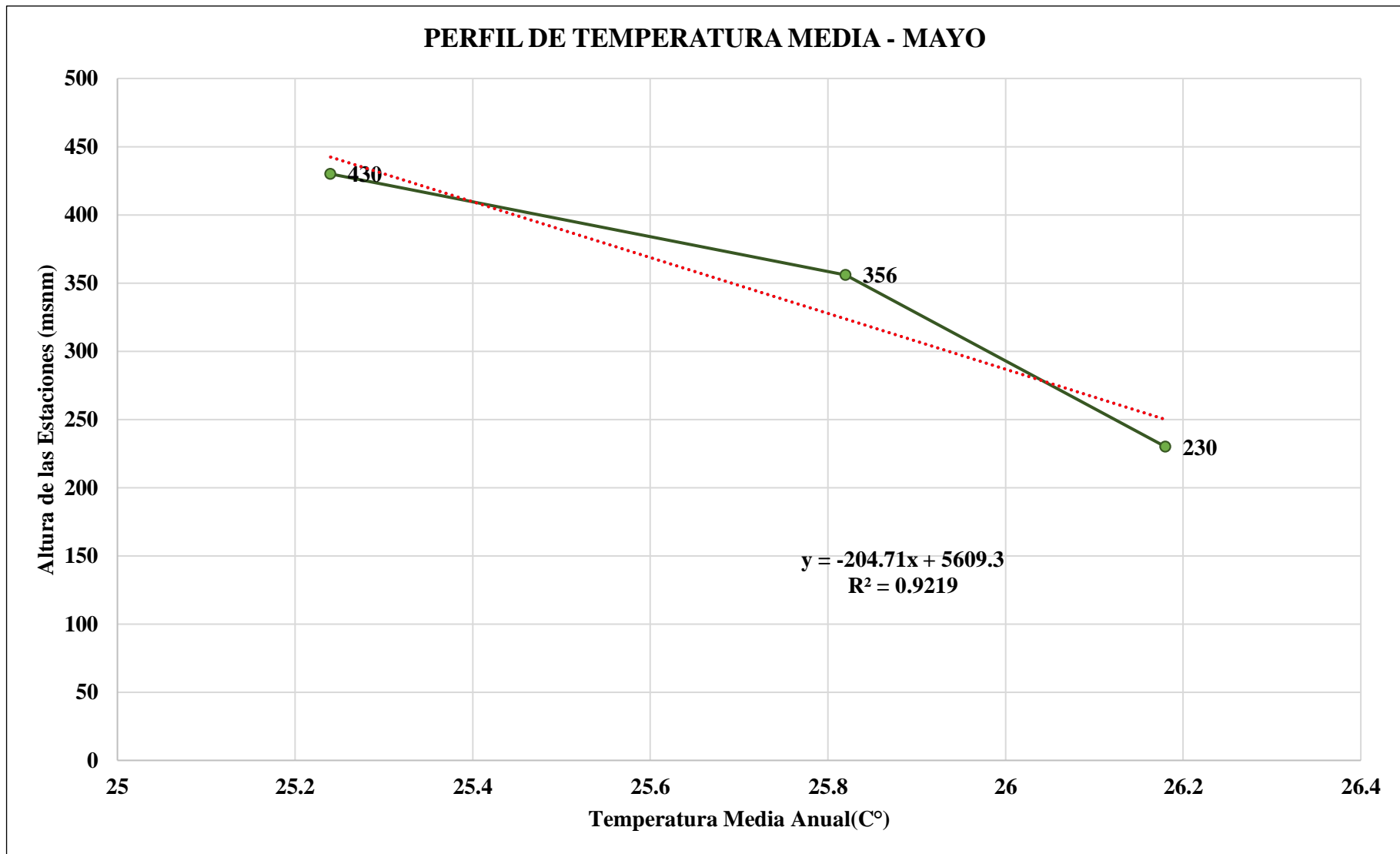


Figura 62: Perfil de Temperatura Media Mensual - Mayo. (Autor).

Tabla 43

Temperatura Promedio Mensual –Junio

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	Temperatura Media (°C)
					Temperatura Parcial (°C)	
245	260	25.74610031	25.67410607	2.261026171	25.71010319	0.581
260	300	25.67410607	25.48212143	3.871129475	25.57811375	0.990
300	400	25.48212143	25.00215983	9.126458561	25.24214063	2.304
400	500	25.00215983	24.52219822	14.65795476	24.76217903	3.630
500	600	24.52219822	24.04223662	12.81635222	24.28221742	3.112
600	700	24.04223662	23.56227502	9.87000608	23.80225582	2.349
700	800	23.56227502	23.08231341	8.582618914	23.32229422	2.002
800	900	23.08231341	22.60235181	6.997843804	22.84233261	1.598
900	1000	22.60235181	22.12239021	7.863379494	22.36237101	1.758
1000	1100	22.12239021	21.64242861	7.333723383	21.88240941	1.605
1100	1200	21.64242861	21.162467	5.849582535	21.4024478	1.252
1200	1300	21.162467	20.6825054	4.43104222	20.9224862	0.927
1300	1400	20.6825054	20.2025438	3.751503414	20.4425246	0.767
1400	1500	20.2025438	19.72258219	2.053913939	19.96256299	0.410
1500	1600	19.72258219	19.24262059	0.485644507	19.48260139	0.095
1600	1670	19.24262059	18.90664747	0.047820521	19.07463403	0.009
				100	TOTAL	23.389

Fuente: Elaboración propia

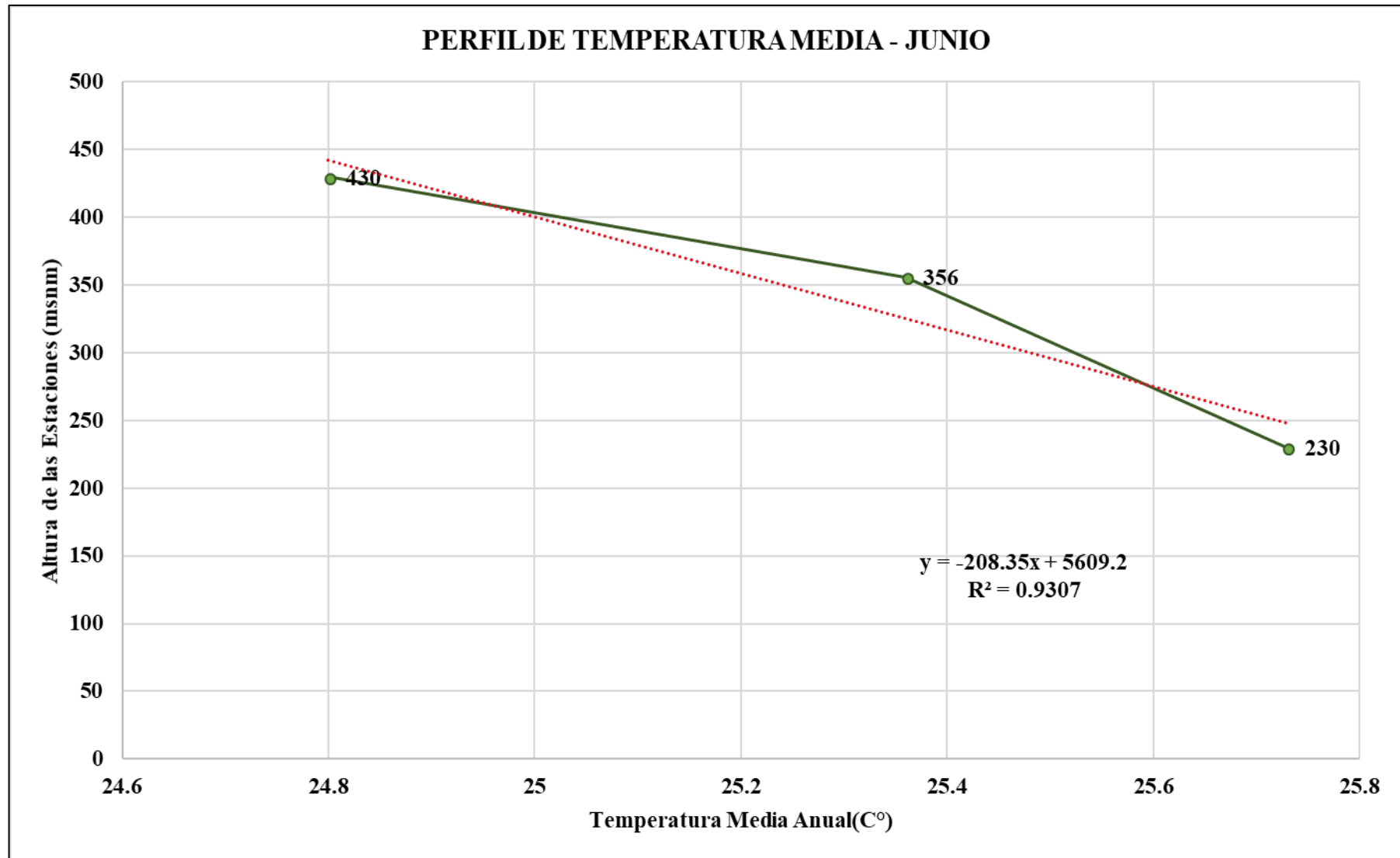


Figura 63: Perfil de Temperatura Media Mensual – Junio. (Autor).

Tabla 44

Temperatura Promedio Mensual –Julio

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	Temperatura Media (°C)
					Temperatura Parcial (°C)	
245	260	25.75066313	25.68435013	2.261026171	25.71750663	0.581
260	300	25.68435013	25.50751547	3.871129475	25.5959328	0.991
300	400	25.50751547	25.06542882	9.126458561	25.28647215	2.308
400	500	25.06542882	24.62334218	14.65795476	24.8443855	3.642
500	600	24.62334218	24.18125553	12.81635222	24.40229885	3.127
600	700	24.18125553	23.73916888	9.87000608	23.9602122	2.365
700	800	23.73916888	23.29708223	8.582618914	23.51812555	2.018
800	900	23.29708223	22.85499558	6.997843804	23.0760389	1.615
900	1000	22.85499558	22.41290893	7.863379494	22.63395225	1.780
1000	1100	22.41290893	21.97082228	7.333723383	22.19186561	1.627
1100	1200	21.97082228	21.52873563	5.849582535	21.74977896	1.272
1200	1300	21.52873563	21.08664898	4.43104222	21.30769231	0.944
1300	1400	21.08664898	20.64456233	3.751503414	20.86560566	0.783
1400	1500	20.64456233	20.20247569	2.053913939	20.42351901	0.419
1500	1600	20.20247569	19.76038904	0.485644507	19.98143236	0.097
1600	1670	19.76038904	19.45092838	0.047820521	19.60565871	0.009
				100	TOTAL	23.580

Fuente: Elaboración propia

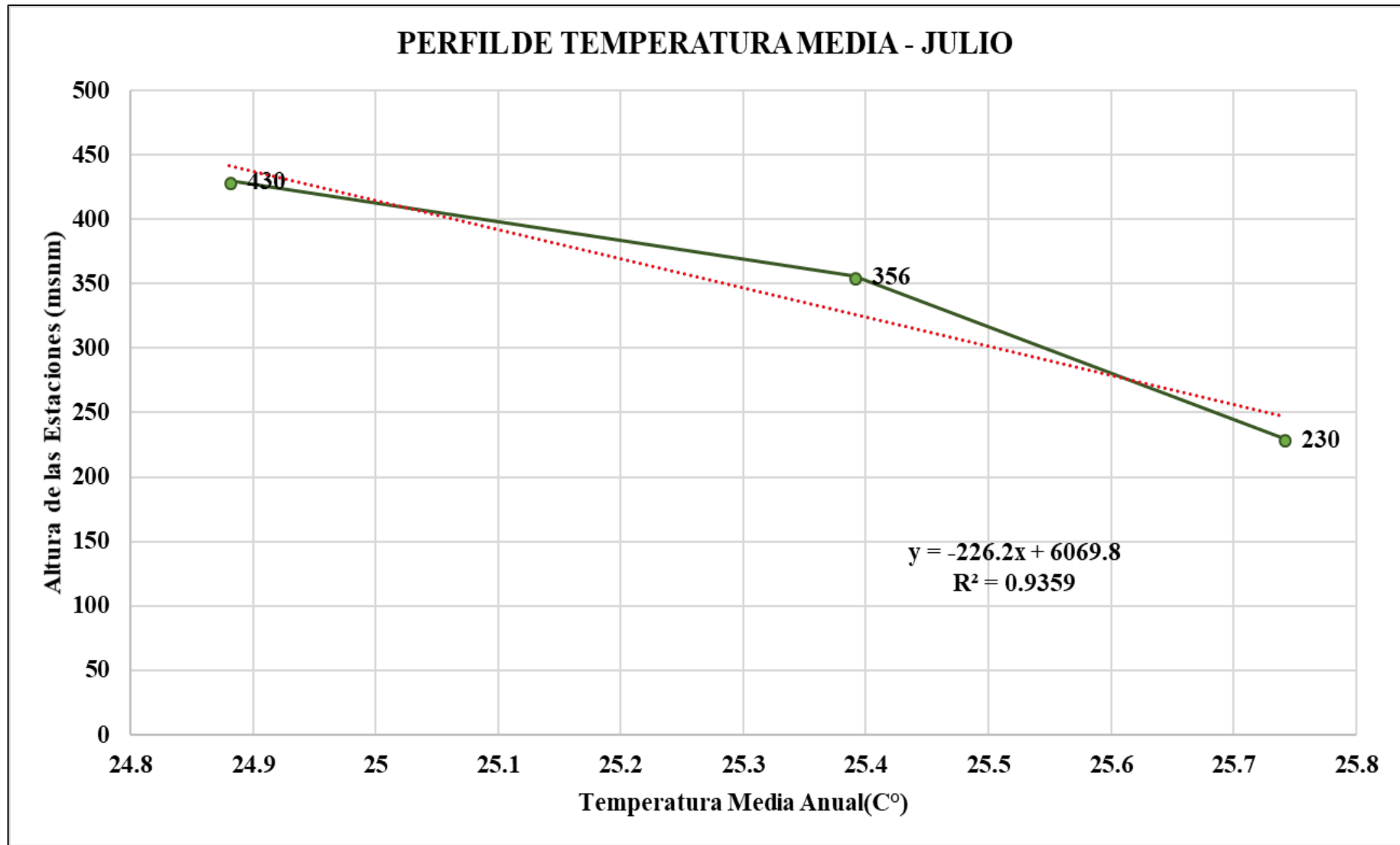


Figura 64: Perfil de Temperatura Media Mensual – Julio. (Autor).

Tabla 45

Temperatura Promedio Mensual –Agosto

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	Temperatura Media (°C)
					Temperatura Parcial (°C)	
245	260	26.63366337	26.56584837	2.261026171	26.59975587	0.601
260	300	26.56584837	26.38500836	3.871129475	26.47542836	1.025
300	400	26.38500836	25.93290836	9.126458561	26.15895836	2.387
400	500	25.93290836	25.48080835	14.65795476	25.70685836	3.768
500	600	25.48080835	25.02870835	12.81635222	25.25475835	3.237
600	700	25.02870835	24.57660835	9.87000608	24.80265835	2.448
700	800	24.57660835	24.12450834	8.582618914	24.35055834	2.090
800	900	24.12450834	23.67240834	6.997843804	23.89845834	1.672
900	1000	23.67240834	23.22030833	7.863379494	23.44635833	1.844
1000	1100	23.22030833	22.76820833	7.333723383	22.99425833	1.686
1100	1200	22.76820833	22.31610832	5.849582535	22.54215833	1.319
1200	1300	22.31610832	21.86400832	4.43104222	22.09005832	0.979
1300	1400	21.86400832	21.41190831	3.751503414	21.63795832	0.812
1400	1500	21.41190831	20.95980831	2.053913939	21.18585831	0.435
1500	1600	20.95980831	20.50770831	0.485644507	20.73375831	0.101
1600	1670	20.50770831	20.1912383	0.047820521	20.3494733	0.010
				100	TOTAL	24.414

Fuente: Elaboración propia

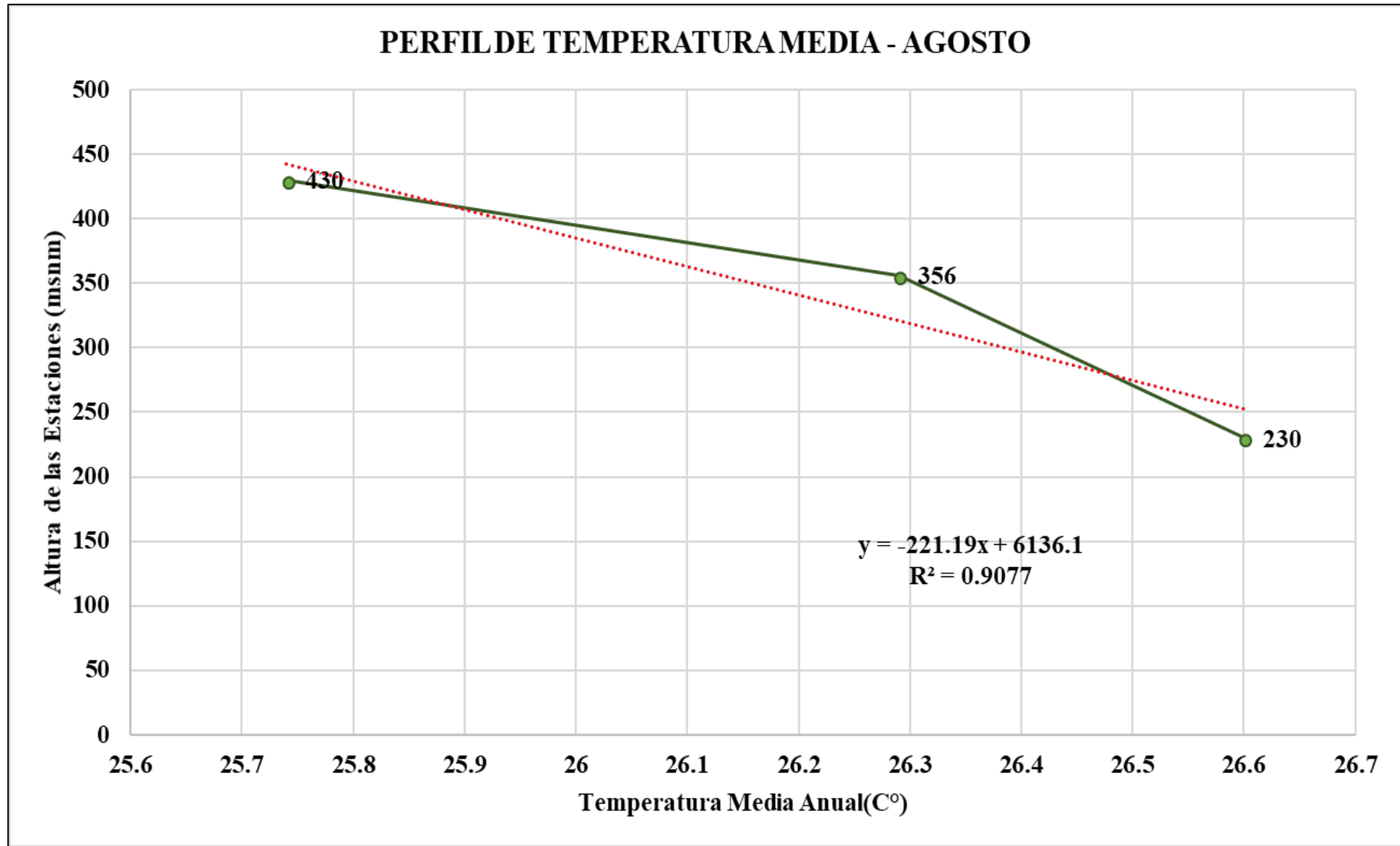


Figura 65: Perfil de Temperatura Media Mensual – Agosto. (Autor).

Tabla 46

Temperatura Promedio Mensual –Setiembre

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	Temperatura Media (°C)
					Temperatura Parcial (°C)	
245	260	26.75759725	26.67575973	2.261026171	26.71667849	0.604
260	300	26.67575973	26.45752632	3.871129475	26.56664302	1.028
300	400	26.45752632	25.91194282	9.126458561	26.18473457	2.390
400	500	25.91194282	25.36635932	14.65795476	25.63915107	3.758
500	600	25.36635932	24.82077582	12.81635222	25.09356757	3.216
600	700	24.82077582	24.27519232	9.87000608	24.54798407	2.423
700	800	24.27519232	23.72960882	8.582618914	24.00240057	2.060
800	900	23.72960882	23.18402532	6.997843804	23.45681707	1.641
900	1000	23.18402532	22.63844181	7.863379494	22.91123356	1.802
1000	1100	22.63844181	22.09285831	7.333723383	22.36565006	1.640
1100	1200	22.09285831	21.54727481	5.849582535	21.82006656	1.276
1200	1300	21.54727481	21.00169131	4.43104222	21.27448306	0.943
1300	1400	21.00169131	20.45610781	3.751503414	20.72889956	0.778
1400	1500	20.45610781	19.91052431	2.053913939	20.18331606	0.415
1500	1600	19.91052431	19.3649408	0.485644507	19.63773255	0.095
1600	1670	19.3649408	18.98303235	0.047820521	19.17398658	0.009
				100	TOTAL	24.079

Fuente: Elaboración propia

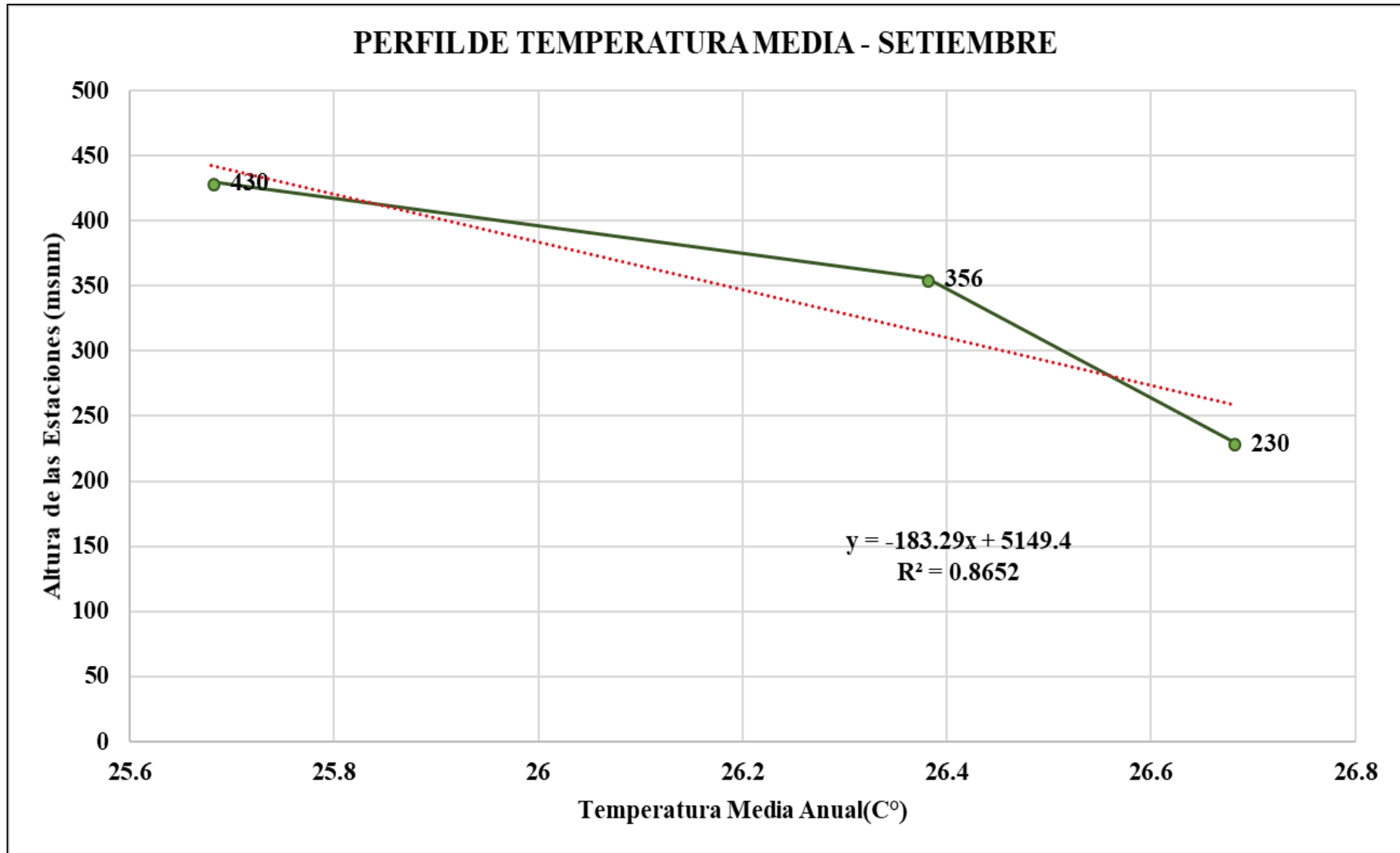


Figura 66: Perfil de Temperatura Media Mensual – Setiembre. (Autor).

Tabla 47

Temperatura Promedio Mensual –Octubre

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ Temperatura Parcial (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	27.42652218	26.67575973	2.261026171	27.05114095	0.612
260	300	27.30958135	26.45752632	3.871129475	26.88355384	1.041
300	400	26.99773914	25.91194282	9.126458561	26.45484098	2.414
400	500	26.21813362	25.36635932	14.65795476	25.79224647	3.781
500	600	25.4385281	24.82077582	12.81635222	25.12965196	3.221
600	700	24.65892259	24.27519232	9.87000608	24.46705745	2.415
700	800	23.87931707	23.72960882	8.582618914	23.80446294	2.043
800	900	23.09971155	23.18402532	6.997843804	23.14186843	1.619
900	1000	22.32010603	22.63844181	7.863379494	22.47927392	1.768
1000	1100	21.54050051	22.09285831	7.333723383	21.81667941	1.600
1100	1200	20.76089499	21.54727481	5.849582535	21.1540849	1.237
1200	1300	19.98128947	21.00169131	4.43104222	20.49149039	0.908
1300	1400	19.20168395	20.45610781	3.751503414	19.82889588	0.744
1400	1500	18.42207843	19.91052431	2.053913939	19.16630137	0.394
1500	1600	17.64247291	19.3649408	0.485644507	18.50370686	0.090
1600	1670	16.86286739	18.98303235	0.047820521	17.92294987	0.009
				100	TOTAL	23.894

Fuente: Elaboración propia

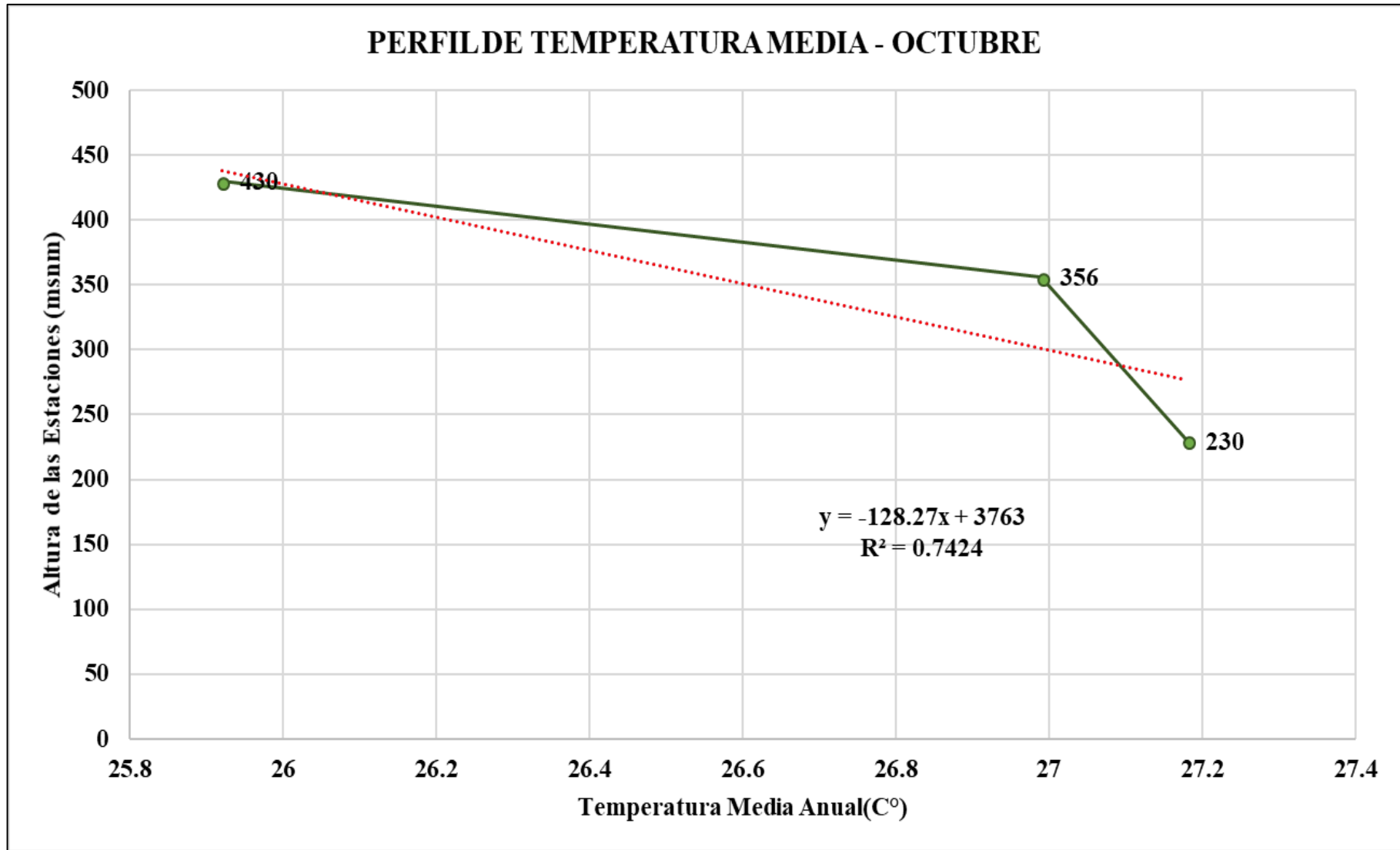


Figura 67: Perfil de Temperatura Media Mensual – Octubre. (Autor).

Tabla 48

Temperatura Promedio Mensual –Noviembre

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$	Temperatura Media (°C)
					Temperatura Parcial (°C)	
245	260	27.42647907	27.33998385	2.261026171	27.38323146	0.619
260	300	27.33998385	27.10932995	3.871129475	27.2246569	1.054
300	400	27.10932995	26.53269519	9.126458561	26.82101257	2.448
400	500	26.53269519	25.95606043	14.65795476	26.24437781	3.847
500	600	25.95606043	25.37942567	12.81635222	25.66774305	3.290
600	700	25.37942567	24.80279091	9.87000608	25.09110829	2.476
700	800	24.80279091	24.22615615	8.582618914	24.51447353	2.104
800	900	24.22615615	23.64952139	6.997843804	23.93783877	1.675
900	1000	23.64952139	23.07288663	7.863379494	23.36120401	1.837
1000	1100	23.07288663	22.49625187	7.333723383	22.78456925	1.671
1100	1200	22.49625187	21.91961711	5.849582535	22.20793449	1.299
1200	1300	21.91961711	21.34298235	4.43104222	21.63129973	0.958
1300	1400	21.34298235	20.7663476	3.751503414	21.05466498	0.790
1400	1500	20.7663476	20.18971284	2.053913939	20.47803022	0.421
1500	1600	20.18971284	19.61307808	0.485644507	19.90139546	0.097
1600	1670	19.61307808	19.20943374	0.047820521	19.41125591	0.009
				100	TOTAL	24.595

Fuente: Elaboración propia

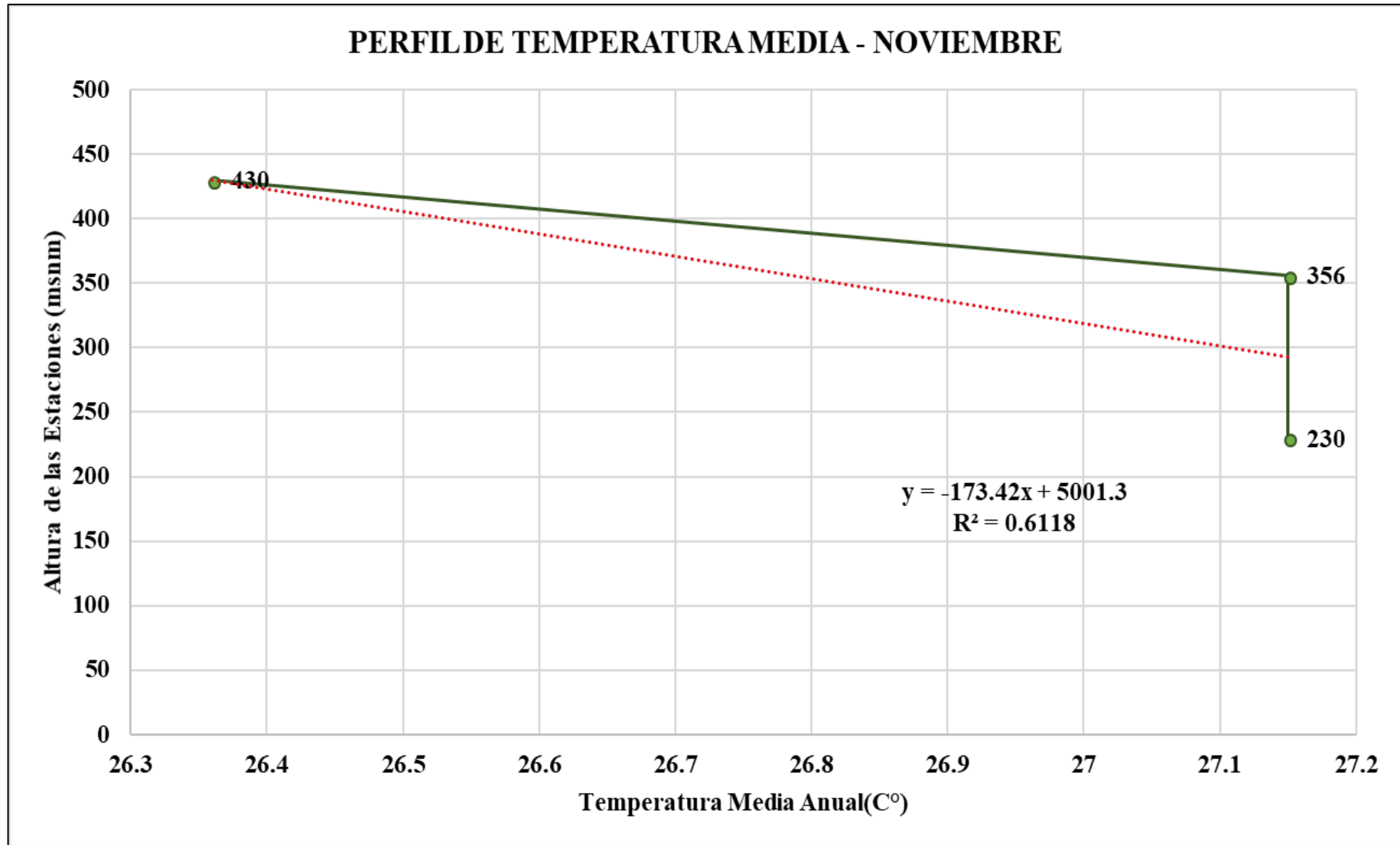


Figura 68: Perfil de Temperatura Media Mensual – Noviembre. (Autor).

Tabla 49

Temperatura Promedio Mensual –Diciembre

Altura Mayor (msnm)	Altura Menor (msnm)	t_{i-1}	t_i	% Área Entre Curva	$T = \frac{t_i + t_{i-1}}{2}$ Temperatura Parcial (°C)	Temperatura Media (°C)
245	260	27.54517732	27.46046984	2.261026171	27.50282358	0.622
260	300	27.46046984	27.23458324	3.871129475	27.34752654	1.059
300	400	27.23458324	26.66986673	9.126458561	26.95222498	2.460
400	500	26.66986673	26.10515021	14.65795476	26.38750847	3.868
500	600	26.10515021	25.5404337	12.81635222	25.82279196	3.310
600	700	25.5404337	24.97571719	9.87000608	25.25807545	2.493
700	800	24.97571719	24.41100068	8.582618914	24.69335893	2.119
800	900	24.41100068	23.84628417	6.997843804	24.12864242	1.688
900	1000	23.84628417	23.28156765	7.863379494	23.56392591	1.853
1000	1100	23.28156765	22.71685114	7.333723383	22.9992094	1.687
1100	1200	22.71685114	22.15213463	5.849582535	22.43449288	1.312
1200	1300	22.15213463	21.58741812	4.43104222	21.86977637	0.969
1300	1400	21.58741812	21.0227016	3.751503414	21.30505986	0.799
1400	1500	21.0227016	20.45798509	2.053913939	20.74034335	0.426
1500	1600	20.45798509	19.89326858	0.485644507	20.17562684	0.098
1600	1670	19.89326858	19.49796702	0.047820521	19.6956178	0.009
				100	TOTAL	24.772

Fuente: Elaboración propia

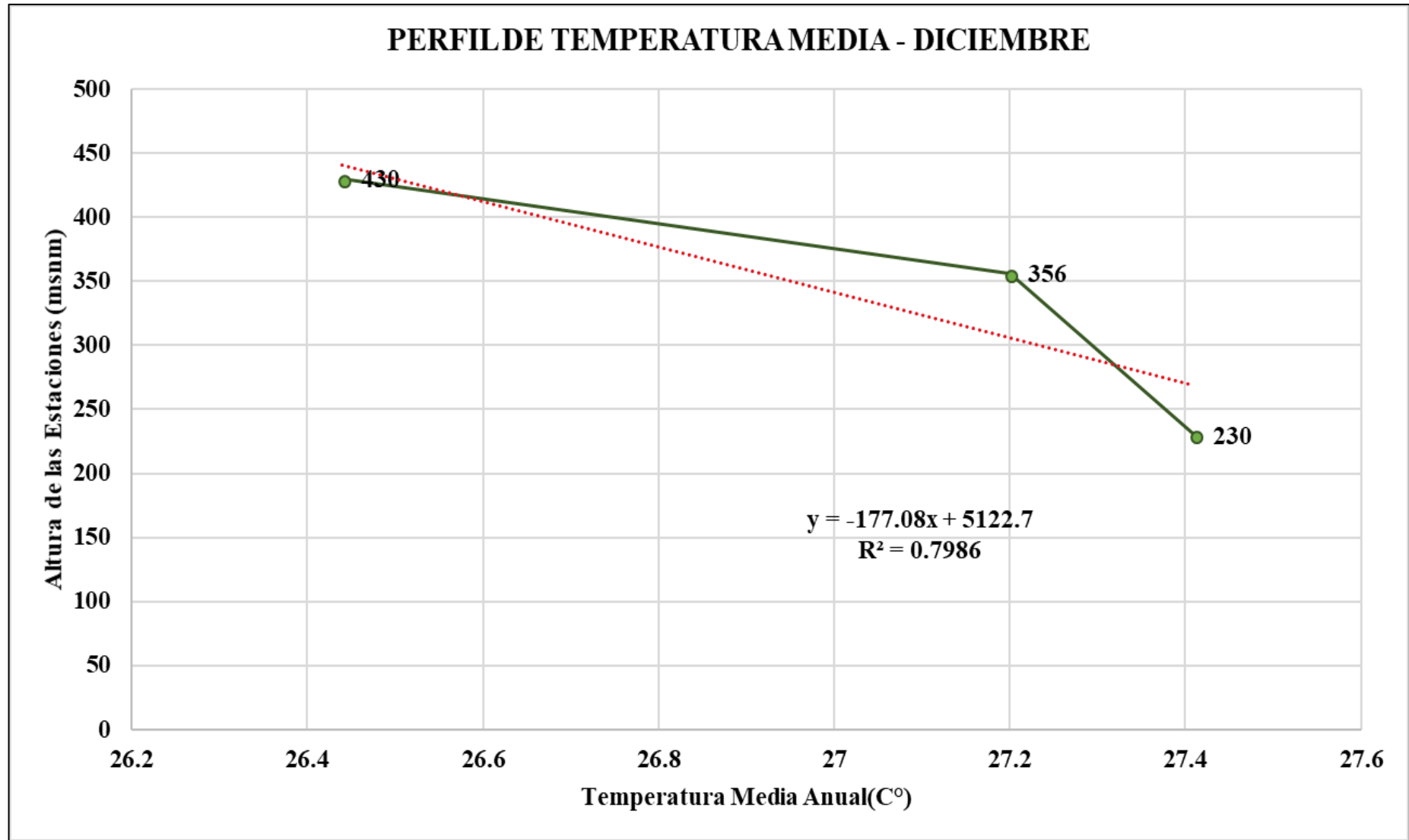


Figura 69: Perfil de Temperatura Media Mensual – Diciembre. (Autor).

c) Resultados de la Evapotranspiración

Fórmula de Turc para la Evapotranspiración Anual

Esta fórmula solo trabaja con la Precipitación Media Anual y La Temperatura Media Anual.

$$E = \frac{P}{\sqrt{0.9 + \left(\frac{P}{L_t}\right)^2}}$$

$$E = 1105.11 \text{ mm.}$$

Evapotranspiración Real Anual de Coutagne

$$ET_R = P - xP^2$$

$$Et = 938.1324 \text{ mm.}$$

Evapotranspiración Potencial Mensual de Thorntwaite

$$ETP = 16 * \left(\frac{10T}{I}\right)^a$$

ETP = Evapotranspiración Potencial en mm.

Los resultados de la aplicación de los 3 métodos se muestran a continuación

Tabla 50

Evapotranspiración Potencial, Método de Thornthwaite

MES	Temperatura	Factor "I"	ETP (Sin Corregir mm/mes)	Factor "K"	ETP Corregida (mm/mes)
ENE	24.365	10.99807142	103.6956178	1.06564	110.5021982
FEB	24.583	11.14725053	106.6711403	1.05564	112.6063225
MAR	24.297	10.95188258	102.7832719	1.01282	104.1009535
ABR	24.480	11.0772481	105.2693832	1.02718	108.1306051
MAY	24.673	11.20919464	107.919636	0.98718	106.5361062
JUN	24.241	10.91370186	102.0322944	1.01154	103.2097471
JUL	24.439	11.04859553	104.6984331	1.01436	106.2019026
AGO	25.303	11.64546194	116.928499	0.92436	108.0840273
SET	24.955	11.40430112	111.9018065	1.03	115.2588607
OCT	24.765	11.2725438	109.2043231	1.02282	111.6963658
NOV	25.491	11.77663644	119.7112761	1.06564	127.5691242
DIC	25.674	11.90534977	122.4751817	1.03564	126.8401972
ANUAL (SUMA)	24.772	135.3502377	1313.290863		1340.73641

Fuente: Elaboración propia.

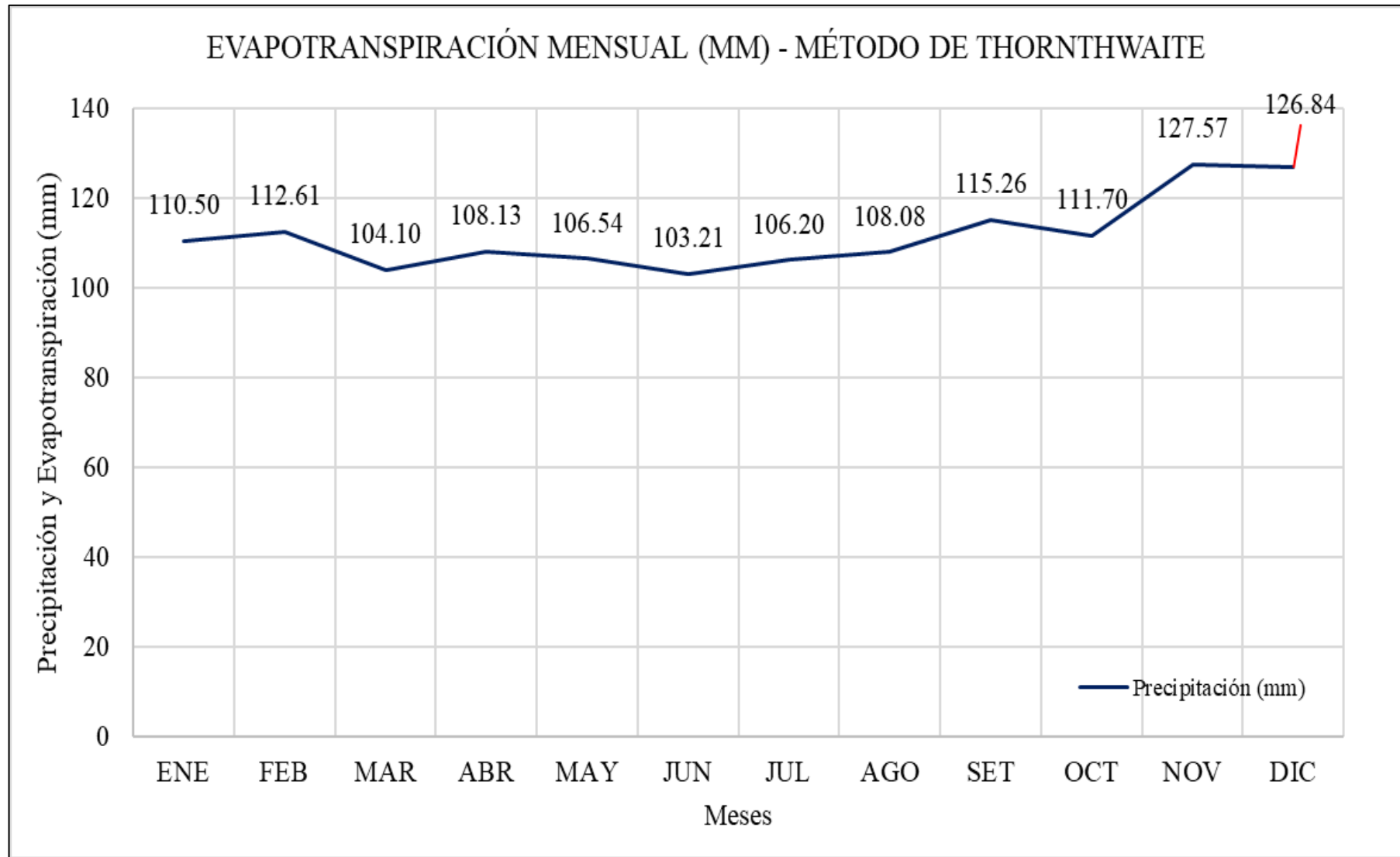


Figura 70: Evapotranspiración Mensual en mm – Método de Thornthwaite, (Autor).

Evapotranspiración Potencial Mensual de Turc

$ET_{POTENCIAL} = C_i K_i \left(\frac{T}{T+15} \right) (R_i + 50)$; Al efectuar la siguiente fórmula obtenemos los siguientes resultados.

Tabla 51

Evapotranspiración Potencial Mensual por el Método de Turc.

MES	Temperatura	Brillo Solar	Ri	ETP (mm/mes)
ENE	24.365	138.0	353.7390288	99.95742628
FEB	24.583	104.6	314.3191307	90.50340603
MAR	24.297	119.5	341.6561983	96.86322394
ABR	24.480	125.8	342.0239087	97.23213546
MAY	24.673	139.7	346.6330165	98.66736064
JUN	24.241	141.3	337.5180346	95.75537803
JUL	24.439	155.6	363.870515	102.5839315
AGO	25.303	183.9	424.6283621	119.1919868
SET	24.955	169.8	420.855425	117.6351626
OCT	24.765	166.0	413.5885611	115.485611
NOV	25.491	154.5	382.9011651	109.0122216
DIC	25.674	148.6	364.2414632	104.5905707
ANUAL	24.772	1747.3	4405.974809	1247.478415

Elaboración propia.

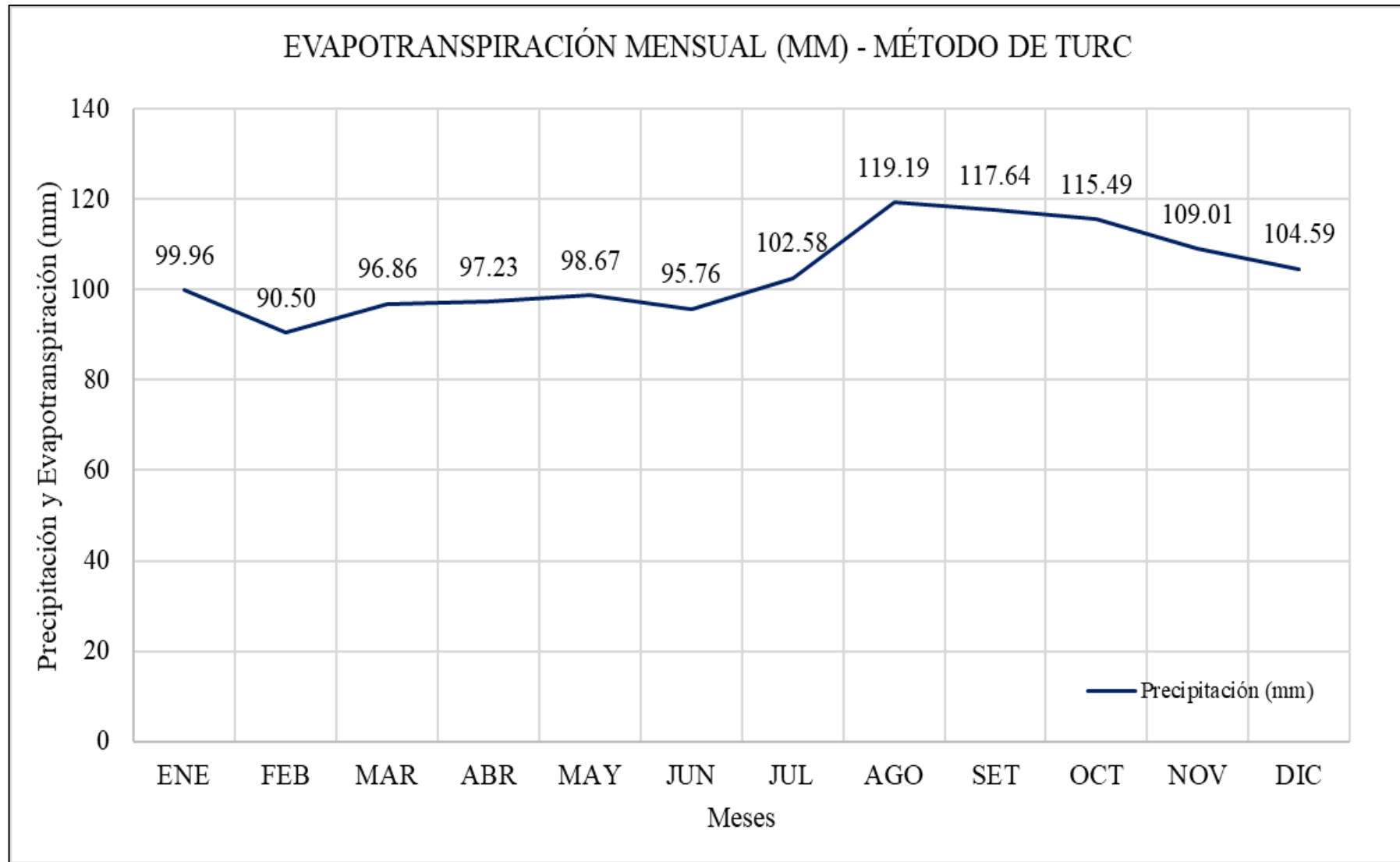


Figura 71: Evapotranspiración Mensual en mm por el Método de Turc. (Autor).

d) Evapotranspiración Promedio

Tabla 52

Promedio de la Evapotranspiración obtenida por los métodos ya mencionados.

MES	TURC MENSUAL (mm)	TORNTHWAITE (mm)	TURC ANUAL (mm)	COUTAGNE (mm)	PROMEDIO (mm)
ENE	99.96	110.50	-	-	105.2298122
FEB	90.50	112.61	-	-	101.5548643
MAR	96.86	104.10	-	-	100.4820887
ABR	97.23	108.13	-	-	102.6813703
MAY	98.67	106.54	-	-	102.6017334
JUN	95.76	103.21	-	-	99.48256255
JUL	102.58	106.20	-	-	104.392917
AGO	119.19	108.08	-	-	113.6380071
SET	117.64	115.26	-	-	116.4470116
OCT	115.49	111.70	-	-	113.5909884
NOV	109.01	127.57	-	-	118.2906729
DIC	104.59	126.84	-	-	115.7153839
ANUAL	1247.48	1340.74	1105.11	938.13	1157.86

Fuente: Elaboración propia

Se efectuó la corrección de datos obtenidos entre la evapotranspiración mensual y el promedio anual de los cuatro métodos ya mencionados

Tabla 53

Evapotranspiración Promedio Corregida.

MES	EVAPOTRANSPIRACION PROMEDIO	EVAPOTRANSPIRACIÓN CORREGIDA
ENE	105.23	94.15
FEB	101.55	90.86
MAR	100.48	89.90
ABR	102.68	91.87
MAY	102.60	91.80
JUN	99.48	89.01
JUL	104.39	93.40
AGO	113.64	101.67
SET	116.45	104.19
OCT	113.59	101.63
NOV	118.29	105.84
DIC	115.72	103.53
ANUAL (SUMATORIA)	1294.11	1157.86

Fuente: Elaboración Propia

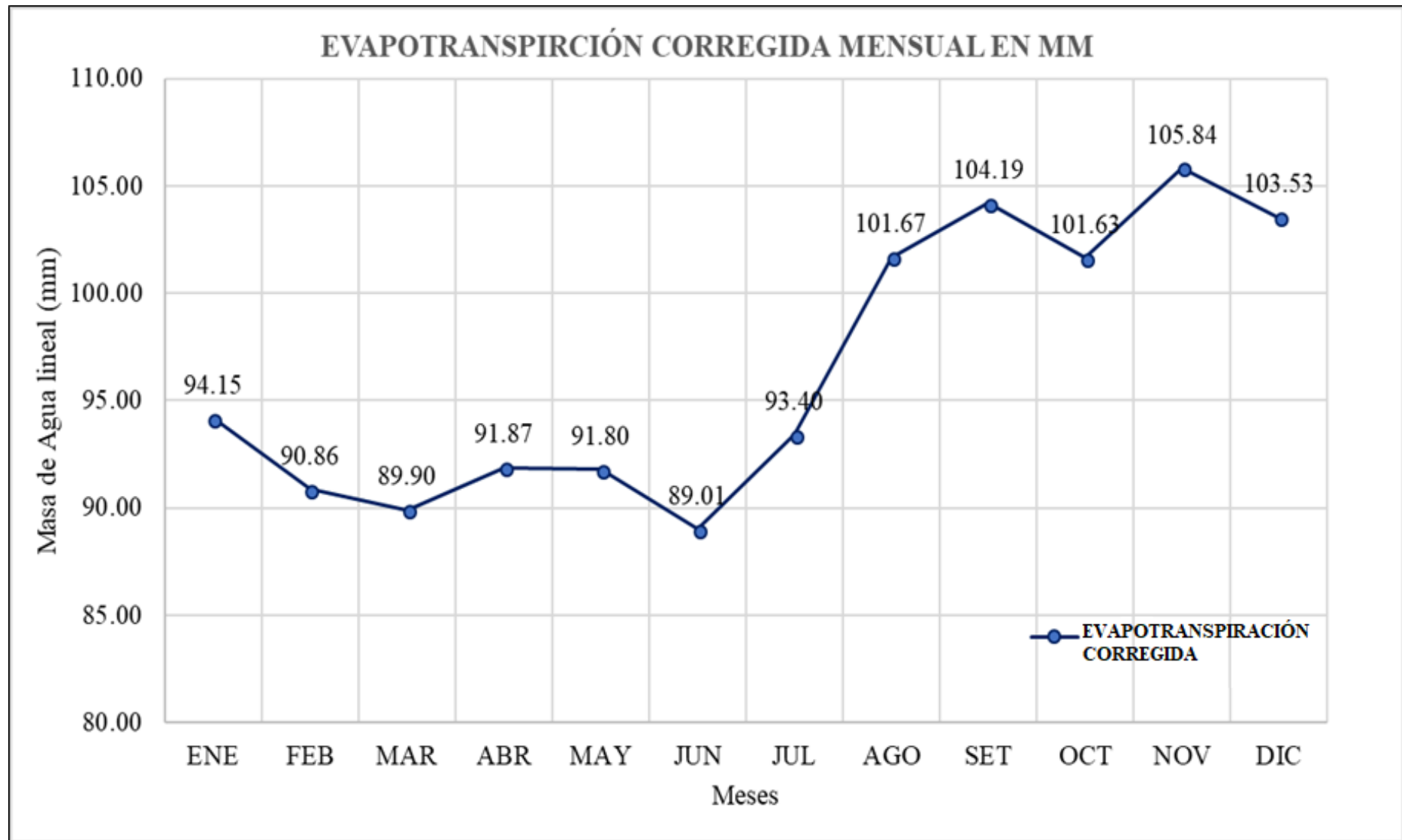


Figura 72: Evapotranspiración Corregida Mensual en mm (Autor).

3.1.4 Balance Hídrico

a) Cálculo de la Evapotranspiración Real

Tabla 54

Balance Hídrico Superficial de la Lámina de Agua.

Mes	PP (mm)	ETP (mm)	Δ (mm)	A (mm)	Def (mm)	Sup	Δ A (mm)	ETR (mm)
ENE	112.15	94.15	18.00	99.28	-	18.00	0	94.1513
FEB	143.54	90.86	52.68	100.00	-	52.68	0.00	90.8633
MAR	173.68	89.90	83.78	100.00	-	83.78	0	89.9034
ABR	163.52	91.87	71.65	100.00	-	71.65	0.00	91.8712
MAY	116.20	91.80	24.40	100.00	-	24.40	0.00	91.7999
JUN	91.69	89.01	2.68	100.00	-	2.68	0.00	89.0091
JUL	70.71	93.40	-22.70	77.30	-	-22.70	0.00	70.7074
AGO	57.37	101.67	-44.31	32.99	-	-	-44.31	57.368
SET	79.83	104.19	-24.36	8.63	-	-	-24.36	79.8315
OCT	119.64	101.63	18.01	26.64	-	-50.65	68.66	101.632
NOV	143.87	105.84	38.04	64.68	-	38.04	0.00	105.837
DIC	120.13	103.53	16.60	81.28	-	16.60	0.00	103.533
ANUAL (SUMA)	1392.34	1157.86				234.48		1066.51

Fuente: Elaboración propia.

b) Volumen de Oferta Hídrica en MMC

Tabla 55

Volúmenes de Disponibilidad en MMC en la Microcuenca del Río Shilcayo.

MES	PP (MMC)	ETR (MMC)	OFERTA HÍDRICA (MMC)
ENE	1.67	1.41	0.27
FEB	2.14	1.36	0.79
MAR	2.59	1.34	1.25
ABR	2.44	1.37	1.07
MAY	1.73	1.37	0.36
JUN	1.37	1.33	0.04
JUL	1.06	1.06	0.00
AGO	0.86	0.86	0.00
SET	1.19	1.19	0.00
OCT	1.79	1.52	0.27
NOV	2.15	1.58	0.57
DIC	1.79	1.55	0.25
ANUAL (SUMA)	20.78	15.92	4.86

Fuente: Elaboración propia.

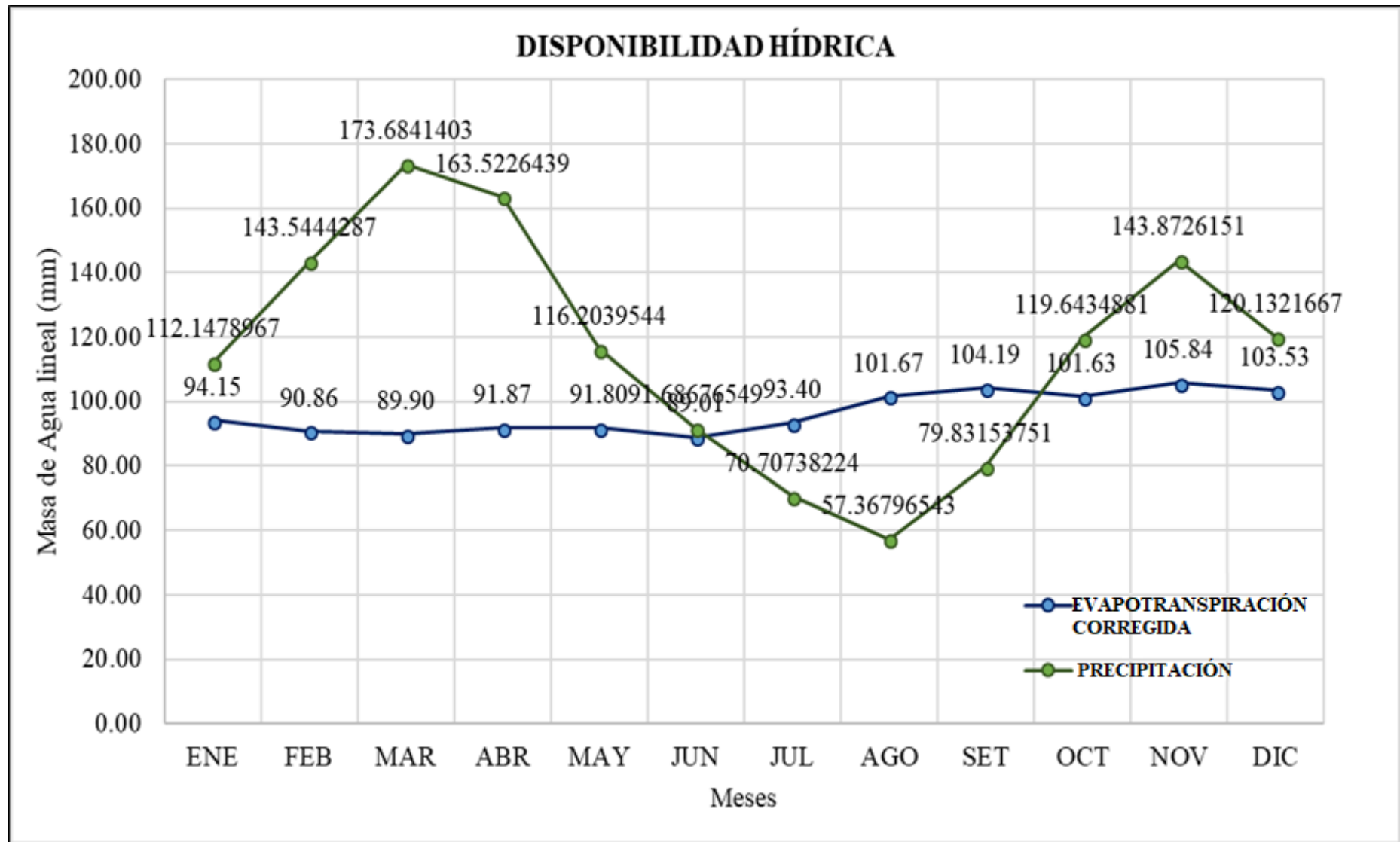


Figura 73: Evapotranspiración Vs Precipitación, (Autor).

c) Caudales De Escorrentía

Tabla 56

Caudales Superficiales de escorrentía.

MES	Caudal (m3/s)	Caudal al 90% (m3/s)	Caudal al 110% (m3/s)
ENE	0.100	0.090	0.110
FEB	0.322	0.290	0.354
MAR	0.467	0.420	0.514
ABR	0.413	0.371	0.454
MAY	0.136	0.122	0.150
JUN	0.015	0.014	0.017
JUL	0.000	0.000	0.000
AGO	0.000	0.000	0.000
SET	0.000	0.000	0.000
OCT	0.100	0.090	0.110
NOV	0.219	0.197	0.241
DIC	0.093	0.083	0.102
ANUAL (SUMA)	0.154	0.139	0.170

Fuente: Elaboración propia.

Comparación de Caudales con Información Existente

Se realizó la comparación con la información de caudales utilizados por EMAPA.

Tabla 57

Comparación de Caudales al 90%.

MES	Caudal Disponible (m3/s)	Caudal Captado (m3/s)	Diferencia	Remanente	Estado
ENE	0.090	0.1183	-0.028	0.000	Déficit
FEB	0.290	0.1197	0.170	0.170	Superávit
MAR	0.420	0.1181	0.302	0.302	Superávit
ABR	0.371	0.1176	0.254	0.254	Superávit
MAY	0.122	0.1179	0.005	0.005	Superávit
JUN	0.014	0.1193	-0.105	0.000	Déficit
JUL	0.000	0.1202	-0.120	0.000	Déficit
AGO	0.000	0.1161	-0.116	0.000	Déficit
SET	0.000	0.1177	-0.118	0.000	Déficit
OCT	0.090	0.1210	-0.031	0.000	Déficit
NOV	0.197	0.1146	0.082	0.082	Superávit
DIC	0.083	0.1204	-0.037	0.000	Déficit
ANUAL	0.292	0.1414	0.150	0.150	Superávit

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 58

Comparación de caudales al 100%.

Mes	Caudal Disponible (m3/s)	Caudal Captado (m3/s)	Diferencia	Remanente	Estado
ENE	0.100	0.1183	-0.018	0.000	Déficit
FEB	0.322	0.1197	0.202	0.202	Superávit
MAR	0.467	0.1181	0.349	0.349	Superávit
ABR	0.413	0.1176	0.295	0.295	Superávit
MAY	0.136	0.1179	0.018	0.018	Superávit
JUN	0.015	0.1193	-0.104	0.000	Déficit
JUL	0.000	0.1202	-0.120	0.000	Déficit
AGO	0.000	0.1161	-0.116	0.000	Déficit
SET	0.000	0.1177	-0.118	0.000	Déficit
OCT	0.100	0.1210	-0.021	0.000	Déficit
NOV	0.219	0.1146	0.104	0.104	Superávit
DIC	0.093	0.1204	-0.028	0.000	Déficit
ANUAL	0.154	0.1414	0.013	0.150	Superávit

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 59

Comparación de caudales al 110%.

Mes	Caudal Disponible (m3/s)	Caudal Captado (m3/s)	Diferencia	Remanente	Estado
ENE	0.110	0.1183	-0.008	0.000	Déficit
FEB	0.354	0.1197	0.235	0.235	Superávit
MAR	0.514	0.1181	0.395	0.395	Superávit
ABR	0.454	0.1176	0.336	0.336	Superávit
MAY	0.150	0.1179	0.032	0.032	Superávit
JUN	0.017	0.1193	-0.102	0.000	Déficit
JUL	0.000	0.1202	-0.120	0.000	Déficit
AGO	0.000	0.1161	-0.116	0.000	Déficit
SET	0.000	0.1177	-0.118	0.000	Déficit
OCT	0.110	0.1210	-0.011	0.000	Déficit
NOV	0.241	0.1146	0.126	0.126	Superávit
DIC	0.102	0.1204	-0.019	0.000	Déficit
ANUAL	0.170	0.1414	0.029	0.150	Superávit

Fuente: Elaboración propia.

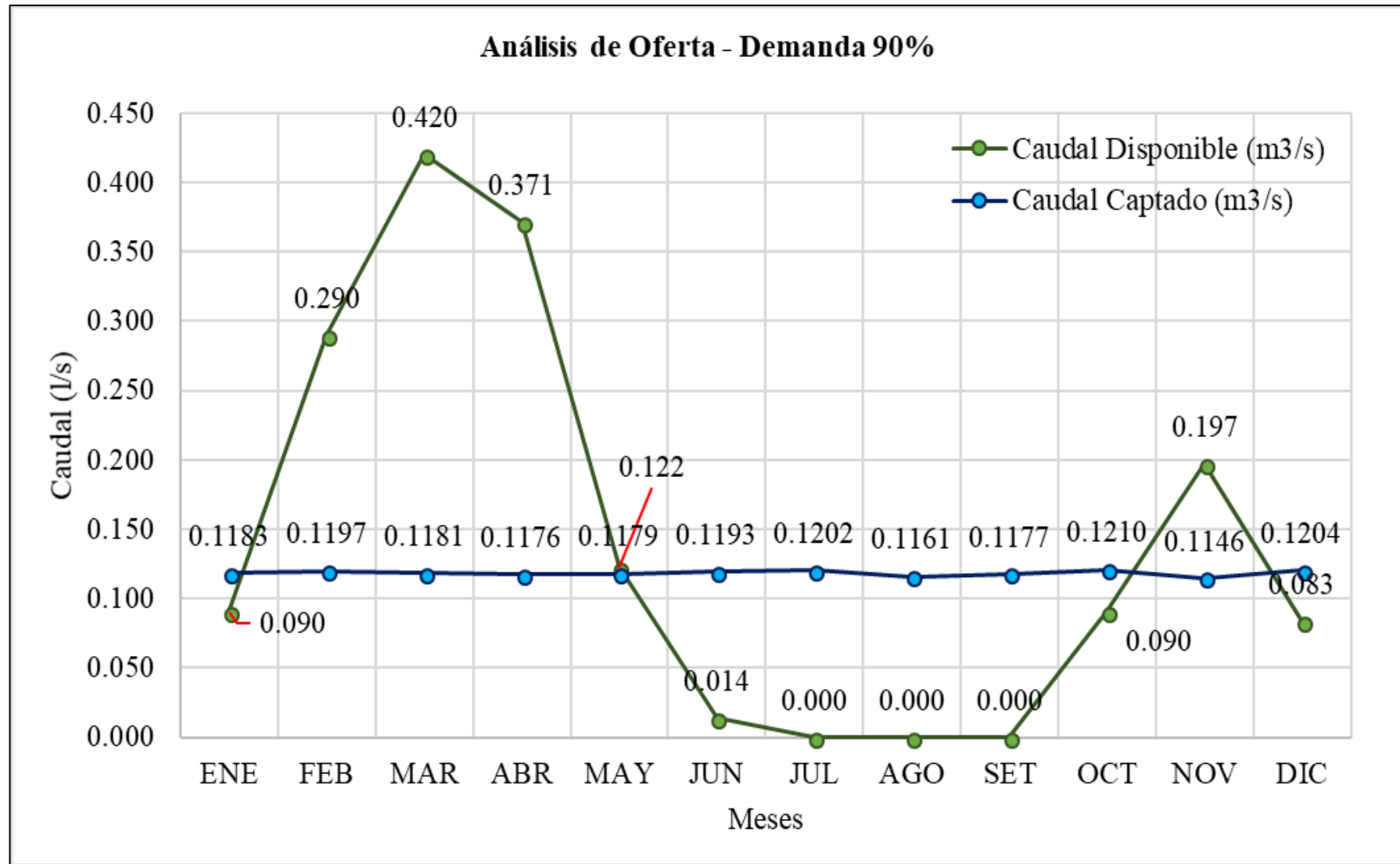


Figura 74: Caudal de la Microcuenca del Río Shilcayo Vs Caudales de EMAPA al 90%. (Autor).

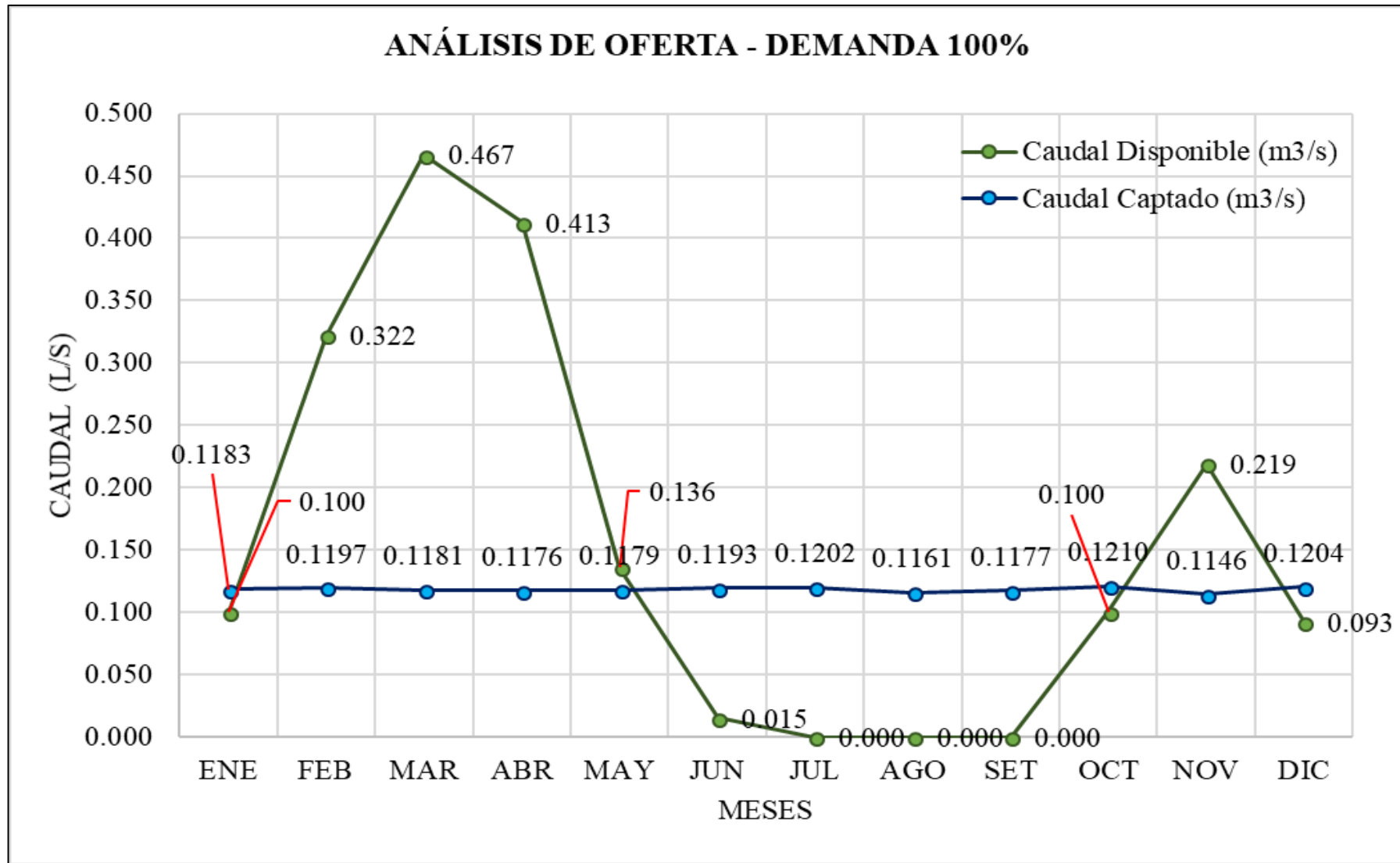


Figura 75: Caudal de la Microcuenca del Río Shilcayo Vs Caudales de EMAPA al 100%. (Autor).

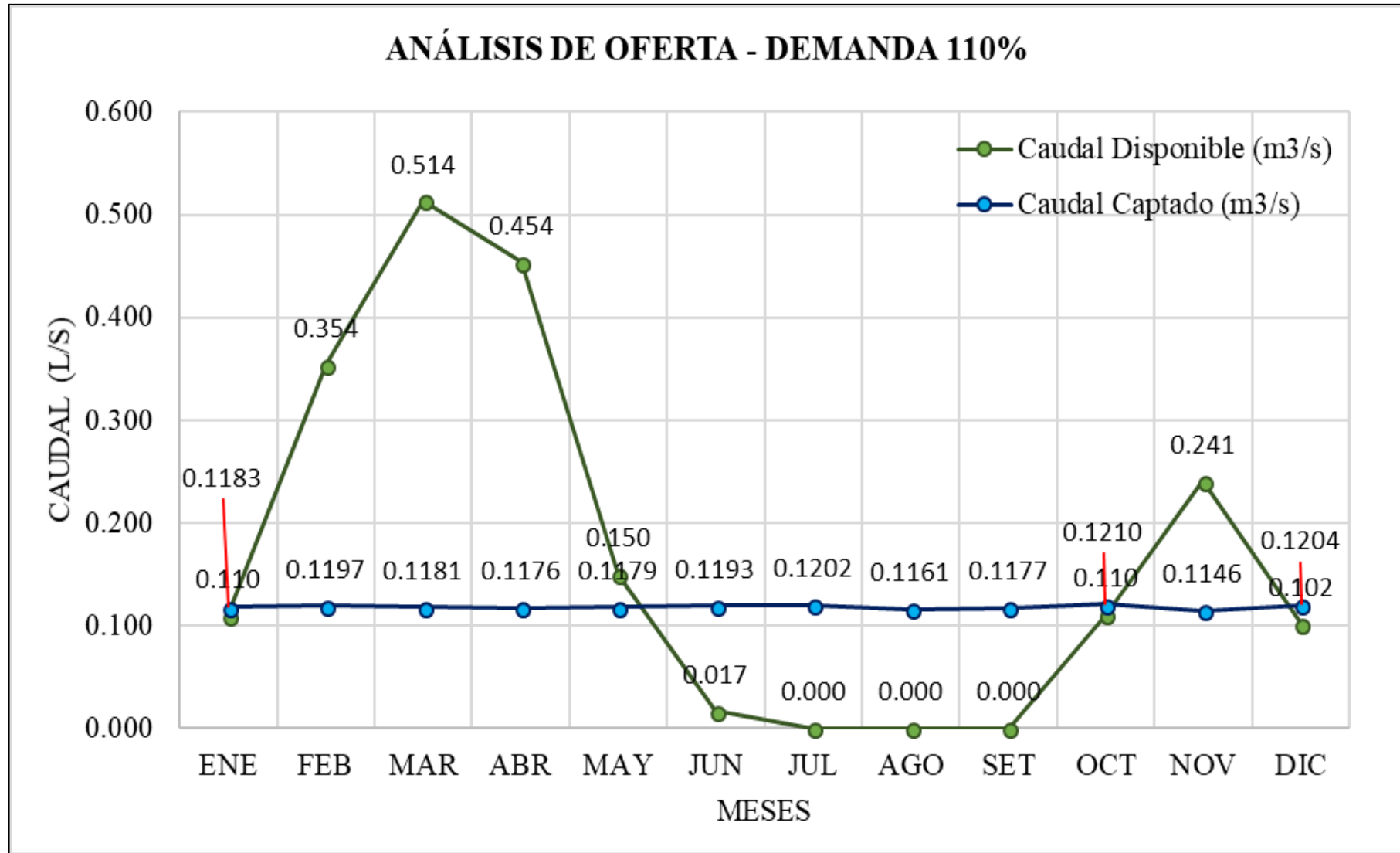


Figura 76: Caudal de la Microcuenca del Río Shilcayo Vs Caudales de EMAPA al 110%. (Autor).

3.2 Análisis e Interpretación de Cuadros y Figuras

El análisis y la discusión de resultados de todos los datos obtenidos en los diferentes procesos de la investigación nos permitirá validar la hipótesis planteada. Con la finalidad de lograr satisfacer los objetivos planteados al inicio de este proyecto de tesis, para ello se la trabajó información obtenida en gabinete. A continuación, se presenta los resultados estructurados y ordenados de la investigación.

El análisis de la Microcuenca del Rio Shilcayo nos permitió determinar sus características geomorfológicas, tal que obtuvimos un área total de 34.105 Km² y un perímetro total de 38.566 Km. La Altura media de la microcuenca que equivale al 50 % del área de la misma se encuentra a 673 msnm.

El valor del Factor de Forma de la Microcuenca del Rio Shilcayo es 0.08 lo que nos indica que es una microcuenca que estará menos sujeta a crecientes que otras de su mismo tamaño debido a que es un valor bajo puesto a que el valor no llega a la unidad. El resultado del índice de compacidad es de 1.849 lo que nos indica que la Microcuenca del Rio Shilcayo posee una forma rectangular – oblonga (Muy Alargada) debido a que el valor está más apartado de la unidad.

La pendiente de la Microcuenca del rio Shilcayo se calculó por dos métodos El valor obtenido del método del rectángulo equivalente es 0.2679 mientras que El valor obtenido por el método del Criterio de Alvord es 0.147614, lo que nos indica para ambos casos que la pendiente varia en la mayoría de sus tramos, el promedio de ambos métodos nos dio un valor de 0.222.

En la red hidrográfica del Rio Shilcayo se pudo diferenciar 09 cursos de agua los cuales suman un total de 36.39 Km, es así que se clasificó al Rio Shilcayo como uno de tercer orden debido al número de ramificaciones que este posee, al identificar el curso principal nos dio una longitud de 19.931 Km, con una densidad de corriente igual a 0.263 y una densidad de drenaje de 1.066 lo que nos indica que en una microcuenca regularmente drenada con suelos fácilmente erosionables y poca cobertura vegetal.

El perfil longitudinal del cauce cuyo valor de declive de pendiente es igual a 0.045 permitió identificar tres zonas del cauce, para la parte alta del cauce o la naciente entre los 1000 – 1415 msnm tenemos una longitud de 1.158 Km, la parte media entre los 500 – 1000 msnm con longitud de 3.241 Km y la parte baja o inferior contados desde el inicio del Rio entre los 2450-0500 msnm con una longitud de 12.913 Km. La extensión media de escorrentía superficial nos dio un resultado de 0.234 Km de distancia media en que el agua de lluvia se escurre por cada Km² de área en la Microcuenca del Rio Shilcayo.

Para el caso de la precipitación se trabajó con tres métodos, el Promedio anual por el método Aritmético con un resultado de 1458.441 mm considerado uno de los métodos más simples, por el método del Polígono de Thiessen nos dio como resultado 1355.105 mm de precipitación y por el método de Curvas Isoyetas que nos dio como resultado 1430.481 mm de precipitación, se optó por trabajar con el promedio de las precipitaciones obtenidas por los métodos de Polígono de Thiessen y Curvas Isoyetas por la confiabilidad de los métodos obteniendo un resultado de 1392.345 mm de precipitación anual en la Microcuenca del Río Shilcayo, analizando los resultados obtenidos para cada mes podemos decir que el periodo húmedo comienza entre los meses de Octubre - Diciembre y de Febrero - Abril siendo el mes de Marzo el más húmedo con una precipitación mensual de 173.684 mm superior a las demás mientras que en el periodo seco que empieza entre los meses de Junio - Setiembre podemos decir que el mes de Agosto es el más seco con una precipitación mensual de 57.368 mm en comparación a los otros meses.

En el análisis de la evapotranspiración se desarrolló trabajando primero el cálculo de las temperaturas aplicando el método de Altura – Temperatura o tendencia, que consiste en relacionar los datos de temperatura con respecto a las altitudes obteniendo un resultado correspondiente para cada mes correspondiente, es así que se registró para el mes de Enero 24.36 C° y para el mes de Diciembre 25.37C° obteniéndose un promedio Anual de 24.77 C° en la Microcuenca del Río Shilcayo, con esta temperatura encontramos el valor de la evapotranspiración utilizando 4 métodos que son factibles de aplicar en la microcuenca y nos proporcionan valores sin tener una desviación significativa excluyendo al método de Coutagne es así que podemos consolidar que la evapotranspiración potencial será igual a la evapotranspiración real para todos los meses excepto para Julio , Agosto y Setiembre , meses en los cuales las características del relieve terrestre de la microcuenca no permiten que el contenido de humedad la vegetación y temperatura sean óptimos, esto significa que las aguas de precipitación serán absorbidas en su totalidad llegando a ser equivalente a la evapotranspiración Real.

Conociendo los parámetros anteriormente captados podemos calcular la disponibilidad hídrica en la Microcuenca del Río Shilcayo cuyo resultado es de 4.86 Millones de Metros Cúbicos para toda la cuenca, el Balance Hídrico en la Microcuenca del Río Shilcayo mostrando un déficit en los meses de Julio, Agosto y Setiembre donde la disponibilidad hídrica es nula con respecto a los factores climáticos, en cuanto a la comparación de los caudales , en la microcuenca se obtuvo un caudal anual de 0.154 m³/s que simulan ser suficientes para los caudales anuales captados por EMAPA que son de 0.118 m³/s, pero al

comparar mensualmente notamos un déficit en los meses Diciembre – Enero y Junio – Octubre lo que no cumple con la demanda de agua necesaria para uso potable, mientras que al comparar la disponibilidad hídrica anual de la microcuenca con respecto a la demanda destinada al riego de la Junta de Usuarios de la Banda de Shilcayo se obtuvo un déficit de - 10.83 m³/s, y al hacer la comparación mensual se tuvo resultados deficientes para todos los meses , de tal forma que la demanda es superior a la disponibilidad Hídrica.

3.3 Discusión de Resultados

Después de analizar los resultados obtenidos y complementándolos con el análisis estadístico se procede a evaluar lo siguiente:

La Microcuenca del Rio Shilcayo es una cuenca antigua con suelos sedimentarios y con poca vegetación esto se debe al crecimiento poblacional que ha tenido el distrito de la banda de Shilcayo en los últimos años la intervención antropomórfica que es más notoria en la parte baja y media de la microcuenca, sus características geomorfológicas demostraron que es una microcuenca mediana con respecto a las demás microcuencas aportantes a la sub cuenca del Rio Cumbaza, mediante el grafico de la curva hipsométrica pudimos saber que es una microcuenca sedimentaria en fase de vejes. El perfil del curso de agua puede variar en sus tributarios lo que nos indica que es un río sinuoso, los datos obtenidos no precisan una veracidad del cien por ciento, pero si se asemeja a la realidad comparado con otros estudios realizados por Emapa en la microcuenca. Para el desarrollo de los datos de precipitación en un inicio se plantearon cinco estaciones aledañas a la microcuenca para luego reducirlas a tres que son, Estación Tarapoto, Estación San Antonio y Estación Porvenir siendo las más cercanas a esta basándonos en un periodo de 10 años para cada una, en los cálculos de temperatura se presentaron limitaciones con respecto a la disponibilidad de la información respectiva, por lo que se recurrió a utilizar métodos alternativos que suplan la ausencia de dichos valores, se agencio de datos utilizados en un estudio anterior por Emapa. La oferta hídrica del Rio Shilcayo para ciertos meses no llega a satisfacer la demanda que utiliza Emapa dicha información se contrasto con un estudio similar en la microcuenca del año 2014, mientras que para satisfacer la demanda necesaria por la Junta de Usuarios del Distrito de La Banda de Shilcayo es deficiente para todo el año, los caudales obtenidos de la Junta de usuarios se limitó a la disponibilidad de los mismos debido a que el control que se lleva de estos es reciente, de tal forma que la disponibilidad hídrica de toda la microcuenca es regularmente óptima solo para el uso potable, de quererse utilizar con fines de riego se tendría que plantear una parte específica de la microcuenca donde se capte más oferta previo estudio y sin agotar el recurso hídrico.

3.4 Contratación de Hipótesis

Después de compilar la información brindada por las entidades pertinentes se desarrolló el estudio hidrológico y los resultados obtenidos en el trabajo de gabinete nos permitió conocer la oferta del recurso hídrico actual en la Microcuenca Shilcayo, los resultados obtenidos muestran un saldo positivo anual y mensual descartando los periodos de estiaje abarcando toda el área de la microcuenca, es así como damos confirmada en su totalidad nuestra hipótesis anterior mente planteada.

CONCLUSIONES

Se logró conocer la disponibilidad hídrica de la Microcuenca del Río Shilcayo distrito de la Banda de Shilcayo – Provincia de San Martín, Región San Martín.

Los parámetros geomorfológicos de la Microcuenca nos permitieron determinar que la intervención antropomórfica evita que la misma conserve sus áreas boscosas.

La topografía de la Microcuenca es muy accidentada, de forma alargada y pobremente drenada, la mayor parte del área entre los 400 y 500 msnm. Equivalente al 14.568 % de área como se muestran en el polígono de frecuencias y rectángulo equivalente.

La pendiente del Río Shilcayo es 0.045 y la pendiente de la Microcuenca del Río Shilcayo es 0.222, estos valores nos indican que la microcuenca es estable en su totalidad.

Las cinco estaciones consideradas en un inicio se redujeron a tres considerando solo las más cercanas teniendo a la Estación Tarapoto como referencia para el análisis de Doble masa por estar más próxima a la microcuenca.

La información Termométrica se pudo realizar por los métodos utilizados en precipitación incluyendo el de tendencia lineal, el cual compara las altitudes con respecto a la temperatura, de esta manera se determinó un valor representativo en la microcuenca de 24.77 C°.

El uso de software digitales como ArcGIS nos dieron resultados aceptables con un cierto grado de veracidad.

El cálculo de la evapotranspiración se realizó por medio de fórmulas empíricas, por lo que se utilizó más de un método para obtener resultados más fiables. Se puede encontrar los valores de la evapotranspiración con datos de precipitación y temperatura media, pero solo limitándonos a métodos que den resultados anuales como Turc o Coutagne.

La precipitación obtenida en la microcuenca nos revela que existen periodos de estiaje o periodos secos que oscilan en los meses de diciembre – enero y de junio a setiembre siendo el mes de agosto el más crítico.

Los resultados obtenidos en el balance hídrico fueron desfavorables para siete meses del año donde la oferta hídrica no es suficiente para satisfacer los caudales necesarios que plantea Emapa en su estudio pero que se compensa mediocrementemente con los demás meses de tal manera que anualmente la oferta es mayor que la demanda, y con respecto a la junta de regantes del distrito de la Banda de Shilcayo es desfavorable para todos los meses del año debido a que los caudales necesarios para riego son mayores que la oferta.

Los datos de caudales utilizados por la Junta de usuarios del Distrito de la Banda de Shilcayo son demasiado elevados con respecto a la oferta que ofrece la microcuenca.

Para proyectos a futuro con fines de mejorar la oferta hídrica se debería considerar la parte más alta de la microcuenca donde los caudales sean necesarios para satisfacer la demanda existente. Dejando un porcentaje de reserva para la microcuenca teniendo en cuenta que nuestro recurso hídrico es finito.

RECOMENDACIONES

Para estudios posteriores en la Microcuenca del Rio Shilcayo o en cualquier cuenca se recomienda utilizar la mayor cantidad de métodos confiables que se conozca teniendo en cuenta los resultados que arrojaron con respecto a trabajos anteriores.

Corroborar la información brindada por las entidades pertinentes y hacer un previo análisis antes de trabajar con dichos datos brindados.

Actualmente la utilización de los caudales de la Microcuenca del Rio Shilcayo son destinados para consumo poblacional y para riego, lo que genera una demanda mayor a la oferta, por ello se recomienda generar proyectos que amplíen o mejoren la disponibilidad hídrica.

Debido a que la disponibilidad es escasa en algunos meses se debería limitar su consumo solo para dichos meses agenciándose de otras fuentes hídricas para evitar consecuencias irreversibles en la microcuenca todo esto previa coordinación con los beneficiarios directos.

Localizar las estaciones dentro de la microcuenca, de no tener una dentro de la microcuenca se recomienda trabajar con la más cercana, tomando esta como referencia para el resto de estaciones al momento de corroborar la información.

Trabajar con paginas virtuales que contengan información verídica y confiable.

Realizar la medición de caudales in-situ para tener datos reales de la información.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aliaga, V. (1983) *Hidrología Tratamiento de Datos Hidrometeorológicos*, INAF, Lima – Perú.
- Aparicio M. Francisco (Sin fecha). *Fundamentos de Hidrología*, Editorial Limusa, México.
- Berry J.K. (1986), *Learning Computer Assisted Map Analysis in Geographic Information Systems*, Vol. III. USA.
- Chávez Díaz Rosendo (1994), *Hidrología para Ingenieros*, Universidad Católica del Perú Lima - Perú.
- Chow Ven Te, (1994) Mc. Graw Hill. *Hidrología Aplicada*, Bogotá.
- Chuvieco E. (1992), *II Curso Avanzado sobre Sistemas de Información Geográfica - Sistema de Información Geográfica*, Santiago de Chile – Chile.
- CONDESAN (2014). *Informe del DHR en la subcuenca del Río Cumbaza*. Lima, Perú.
- EMAPA – San Martín (2010). *Plan Maestro Optimizado EMAPA San Martín S.A. – Periodo 2,010 a 2,039*. San Martín, Perú.
- EMAPA – San Martín (2014). *Estudio Hidrológico de la Microcuenca del Río Shilcayo*. San Martín, Perú.
- GAIA Geología (sin fecha). Evapotranspiración. México: *Departamento de Geología – UNISON*. Obtenido de: <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/lvega/ARCHIVOS/EVAP.htm>
- GEO-GPS Perú (sin fecha). Zonas de Vida – INRENA – ONERN – MINAM – ONLINE. Perú: *GEO GPS PERÚ*. Obtenido de: <http://www.geogpsperu.com/2015/10/mapa-de-zonas-de-vida-onern-online.html>
- Linsley R. y Franzini J. (1972), *Ingeniería de los Recursos Hidráulicos* CECSA, México.
- Mejía M. Abel, (1991) *Métodos Estadísticos en Hidrología*, Universidad Nacional Agraria La Molina, Lima – Perú.
- Monsalve S. German. (Sin fecha), *Hidrología en la Ingeniería*, Editorial ALFAOMEGA México.
- ONERN (1984). *Estudio de Evaluación de Recursos Naturales y plan de Protección Ambiental – San Martín Parte I-II*. Lima, Perú.
- Ordoñez Gálvez, J. J. (2011). *Balance Hídrico Superficial*. Lima, Perú.
- Pizarro Baldera, J. del C. (2014). *Hidrología*. Apuntes de Clase.
- Velasco Jaime (1981), *Hidrología Avanzada*, Universidad Nacional Agraria La Molina, Publidrat, Lima – Perú.

Villón Máximo, (1993), *Hidrología Estadística*, Instituto Tecnológico. Costa Rica.


WIKIPEDIA (sin fecha). Sistema de Clasificación de Zonas de Vida de Holdridge.


Wikipedia la Enciclopedia Libre. Obtenido de:


https://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_de_clasificaci%C3%B3n_de_zonas_de_vida_de_Holdridge.


ANEXOS


ANEXO 01: Información de Registros Pluviométricos Mensuales.

	PERÚ	Ministerio del Ambiente	Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI											
ESTACION CO "SAN ANTONIO"														
Latitud : 06° 25'										Departamento	: SAN MARTIN			
Longitud : 76° 25'										Provincia	: San Martín			
Altura : 430 m.s.n.m.										Distrito	: San Antonio			
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)														
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL	
2002	54.5	182.5	136.5	183.9	135.4	59.1	269.1	36.1	49.8	190.0	144.3	178.6	1619.8	
2003	179.9	173.4	358.0	244.8	174.3	178.9	90.1	86.7	120.8	133.7	158.6	321.0	2220.2	
2004	76.1	205.5	203.5	92.5	187.0	185.7	187.3	171.1	109.6	252.7	210.0	79.5	1960.5	
2005	76.0	354.5	250.5	268.9	91.6	131.4	88.7	19.0	117.1	224.1	221.9	63.6	1907.3	
2006	246.7	178.1	191.3	150.1	119.3	189.1	112.8	81.9	110.1	216.3	140.7	99.3	1835.7	
2007	185.0	12.5	280.6	373.4	243.7	26.2	138.5	63.3	166.6	153.4	209.4	93.9	1946.5	
2008	87.8	197.8	154.6	105.8	117.1	164.3	78.3	75.6	248.9	152.0	114.9	75.2	1572.3	
2009	178.7	243.1	189.3	321.2	218.1	157.5	83.3	194.4	158.7	118.7	175.7	160.5	2199.2	
2010	99.7	171.0	127.8	299.1	144.1	111.4	45.7	55.8	50.8	140.0	135.3	133.0	1513.7	
2011	117.6	72.4	259.1	167.8	214.3	223.8	137.2	65.6	165.0	230.0	390.5	176.7	2220.0	
2012	220.8	84.2	266.6	264.7	140.8	92.7	73.4	34.2	99.1	183.0	121.2	254.2	1834.9	
2013	222.5	168.9	235.8	152.2	235.2	123.2	94.2	126.2	177.3	103.7	225.0	139.0	2003.2	
2014	228.3	169.7	295.6	157.8	154.7	66.0	123.6	47.3	162.3	199.4	152.2	119.1	1876.0	
2015	211.7	235.3	168.9	264.6	160.3	105.1	104.3	79.3	63.6	111.5	151.1	171.0	1826.7	
2016	57.2	281.7	347.8	73.8	272.2	99.6	54.7	71.5	63.9	94.4	64.0	142.1	1622.9	
TOTAL MENSUAL	2242.5	2730.6	3465.9	3120.6	2608.1	1914	1681.2	1208	1863.6	2502.9	2614.8	2206.7	28158.9	
MEDIA	149.5	182.04	231.06	208.04	173.87	127.6	112.08	80.533	124.24	166.86	174.32	147.11	1877.3	
MÁXIMA	246.7	354.5	358	373.4	272.2	223.8	269.1	194.4	248.9	252.7	390.5	321		
MÍNIMA	54.5	12.5	127.8	73.8	91.6	26.2	45.7	19	49.8	94.4	64	63.6		
DESVIACIÓN EST	70.007	83.629	71.818	89.813	52.814	55.329	56.284	48.949	55.94	50.552	74.366	69.298		

<div>  <div> <div>PERÚ</div> <div>Ministerio del Ambiente</div> <div>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI</div> <div>Dirección Zonal 9</div> </div> </div>													
ESTACION CO "TARAPOTO"													
Latitud : 06° 28'										Departamento	: San Martín		
Longitud : 76° 22'										Provincia	: San Martín		
Altura : 356 m.s.n.m.										Distrito	: Tarapoto		
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2002	19.5	100.5	89.5	167.9	52.4	61.3	146.5	24.0	18.9	93.6	102.6	94.6	971.3
2003	169.0	167.1	177.7	131.2	106.2	99.7	36.7	41.0	70.2	155.4	97.7	200.6	1452.5
2004	24.8	154.3	82.9	64.8	137.6	89.3	84.5	104.4	76.4	99.8	119.6	169.4	1207.8
2005	56.2	153.1	145.7	185.5	44.8	118.9	35.2	15.9	77.0	150.5	228.4	21.9	1233.1
2006	151.6	145.7	107.9	151.3	59.7	53.3	144.1	14.8	41.4	144.5	193.0	84.6	1291.9
2007	121.5	34.4	278.9	119.3	138.7	21.8	91.5	104.2	106.0	104.9	211.8	50.1	1383.1
2008	96.8	192.8	155.6	100.7	81.6	103.2	19.0	40.5	103.4	83.5	85.5	49.7	1112.3
2009	154.5	158.8	168.5	244.4	117.1	128.5	53.6	95.7	132.5	99.3	108.0	101.4	1562.3
2010	71.7	156.2	113.7	254.7	103.7	64.7	17.9	70.2	43.9	100.5	207.5	116.2	1320.9
2011	84.4	53.3	270.7	135.2	125.1	179.2	93.3	27.1	68.0	90.4	183.2	164.8	1474.7
2012	193.7	125.1	175.3	298.4	125.1	87.1	59.1	14.3	95.5	137.3	59.3	223.3	1593.5
2013	140.8	144.3	168.0	77.9	112.3	99.7	49.7	128.4	105.3	65.2	217.6	85.0	1394.2
2014	154.7	134.2	296.6	128.9	145.1	50.4	81.1	51.8	82.7	196.8	102.2	85.5	1510.0
2015	141.6	204.8	116.6	271.3	145.7	72.2	43.9	71.5	26.6	116.8	144.2	227.6	1582.8
2016	62.4	197.7	192.5	79.3	182.6	114.9	50.7	23.7	77.8	78.2	68.7	106.0	1234.5
TOTAL MENSUAL	1643.2	2122.3	2540.1	2410.8	1677.7	1344.2	1006.8	827.5	1125.6	1716.7	2129.3	1780.7	20324.9
MEDIA	109.55	141.49	169.34	160.72	111.85	89.613	67.12	55.167	75.04	114.45	141.95	118.71	1355.0
MÁXIMA	193.7	204.8	296.6	298.4	182.6	179.2	146.5	128.4	132.5	196.8	228.4	227.6	
MÍNIMA	19.5	34.4	82.9	64.8	44.8	21.8	17.9	14.3	18.9	65.2	59.3	21.9	
DESVIACIÓN EST	54.234	48.214	67.275	74.793	38.529	38.369	39.683	38.121	31.784	35.486	59.044	64.081	

		PERÚ		Ministerio del Ambiente		Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI						Dirección Zonal 9		
ESTACION MAP "EL PORVENIR"														
Latitud : 06° 35'										Departamento : SAN MARTIN				
Longitud : 76° 19'										Provincia : San Martín				
Altura : 230 m.s.n.m.										Distrito : Juan Guerra				
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)														
AÑO		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2002		24.9	80.4	65.7	115.3	70.7	52.6	119.2	30.9	24.1	92.5	118.6	81.1	876.0
2003		140.7	48.8	152.1	93.8	76.1	97.2	16.4	62.6	45.0	125.2	122.8	187.4	1168.1
2004		34.9	139.1	82.8	22.8	47.3	67.8	76.3	89.9	100.9	103.5	75.8	78.6	919.7
2005		34.3	113.5	69.2	127.0	36.6	68.9	54.0	22.4	57.9	140.6	209.2	29.7	963.3
2006		77.6	137.1	73.1	158.6	61.8	62.3	98.8	31.1	34.5	140.1	106.7	75.8	1057.5
2007		68.0	39.5	242.8	87.3	174.6	15.9	76.2	45.9	137.5	133.0	159.7	11.2	1191.6
2008		59.4	173.1	108.3	64.1	65.3	73.1	39.9	49.2	82.2	79.4	133.7	21.8	949.5
2009		173.6	88.8	134.7	199.9	85.4	97.3	86.2	61.3	203.0	96.6	62.2	44.6	1333.6
2010		57.9	97.6	101.7	108.8	74.4	60.1	11.6	37.2	40.1	153.2	80.0	96.7	919.3
2011		66.2	45.6	153.6	147.5	126.3	124.6	56.5	89.9	155.2	127.2	117.3	189.3	1399.2
2012		128.4	95.1	182.4	251.4	82.1	95.2	36.0	43.8	36.5	160.6	143.8	203.2	1458.5
2013		96.4	64.5	135.9	55.0	81.9	71.0	57.0	91.0	75.2	46.8	176.9	63.8	1015.4
2014		109.3	102.0	163.4	134.3	91.4	45.7	76.3	70.8	128.8	130.0	102.7	78.5	1233.2
2015		96.5	190.0	109.8	240.4	96.6	68.4	33.0	36.4	41.0	152.7	87.5	95.5	1247.8
2016		13.9	123.0	169.5	64.0	114.1	32.7	33.1	50.8	74.9	89.3	29.5	61.7	856.5
TOTAL MENSUAL		1182	1538.1	1945	1870.2	1284.6	1032.8	870.5	813.2	1236.8	1770.7	1726.4	1318.9	16589.2
MEDIA		78.8	102.54	129.67	124.68	85.64	68.853	58.033	54.213	82.453	118.05	115.09	87.927	1105.9
MÁXIMA		173.6	190	242.8	251.4	174.6	124.6	119.2	91	203	160.6	209.2	203.2	
MÍNIMA		13.9	39.5	65.7	22.8	36.6	15.9	11.6	22.4	24.1	46.8	29.5	11.2	
DESVIACIÓN EST		45.471	44.728	49.441	66.63	33.652	27.346	30.666	22.689	52.635	32.143	46.135	60.214	

<div>  <div> <div>PERÚ</div> <div>Ministerio del Ambiente</div> <div>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI</div> <div>Dirección Zonal 9</div> </div> </div>													
ESTACION CO "CHAZUTA"													
Latitud : 06° 35'										Departamento	: SAN MARTIN		
Longitud : 76° 11'										Provincia	: San Martín		
Altura : 200 m.s.n.m.										Distrito	: Chazuta		
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2002	97.0	158.5	145.2	188.8	148.1	64.0	155.3	81.1	43.1	106.0	161.9	136.8	1485.8
2003	116.1	156.9	269.7	104.5	181.8	120.9	36.2	52.9	105.0	219.2	154.4	288.5	1806.1
2004	98.8	120.3	136.2	93.6	111.3	68.5	73.3	95.6	114.0	228.6	240.6	190.3	1571.1
2005	120.2	173.8	113.4	155.2	147.1	60.2	85.5	21.0	77.8	256.4	218.7	108.0	1537.3
2006	188.8	144.9	196.7	112.2	50.8	115.4	110.1	35.2	84.7	124.7	185.5	217.6	1566.6
2007	119.0	60.7	261.4	199.4	125.3	2.2	55.8	67.0	126.8	111.3	148.3	80.7	1357.9
2008	208.1	230.6	221.2	112.0	91.3	89.4	56.9	53.2	93.8	168.3	152.6	52.8	1530.2
2009	196.6	153.2	224.6	154.2	93.1	72.8	50.2	158.0	158.0	63.4	85.2	75.1	1484.4
2010	87.3	120.5	216.3	235.1	118.9	53.5	41.6	38.7	32.7	176.4	161.4	76.5	1358.9
2011	59.5	127.1	249.7	215.7	57.6	111.8	92.9	48.0	112.3	162.4	186.9	157.9	1581.8
2012	119.2	179.3	126.0	200.1	122.7	128.5	29.0	17.5	119.1	217.5	116.0	242.6	1617.5
2013	182.0	206.4	164.2	70.6	113.8	69.0	18.0	88.9	49.7	105.5	289.9	95.0	1453.0
2014	187.4	111.9	264.6	139.6	85.5	49.0	45.0	77.3	77.5	151.5	168.4	181.5	1539.2
2015	159.9	384.3	209.0	197.1	115.3	42.2	33.3	79.9	13.0	92.2	132.5	183.0	1641.7
2016	100.1	152.5	198.8	138.5	140.2	33.7	31.0	81.4	98.1	54.9	128.8	107.6	1265.6
TOTAL MENSUAL	2040	2480.9	2997	2316.6	1702.8	1081.1	914.1	995.7	1305.6	2238.3	2531.1	2193.9	22797.1
MEDIA	136	165.39	199.8	154.44	113.52	72.073	60.94	66.38	87.04	149.22	168.74	146.26	1519.8
MÁXIMA	208.1	384.3	269.7	235.1	181.8	128.5	155.3	158	158	256.4	289.9	288.5	
MÍNIMA	59.5	60.7	113.4	70.6	50.8	2.2	18	17.5	13	54.9	85.2	52.8	
DESVIACIÓN EST	46.769	72.855	52.109	49.75	34.552	35.534	36.859	35.234	39.135	62.083	51.133	69.646	

<div>  <div> <div>PERÚ</div> <div>Ministerio del Ambiente</div> <div>Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú - SENAMHI</div> <div>Dirección Zonal 9</div> </div> </div>													
ESTACION CO "LAMAS"													
Latitud : 06° 16'										Departamento : San Martín			
Longitud : 76° 42'										Provincia : Lamas			
Altura : 920 m.s.n.m.										Distrito : Juan Guerra			
PRECIPITACIÓN TOTAL MENSUAL (mm)													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	TOTAL ANUAL
2002	80.2	139.0	75.0	113.2	103.2	43.5	142.1	55.5	70.9	164.2	90.4	36.5	1113.7
2003	110.6	80.2	171.4	320.1	125.2	117.7	83.5	64.5	130.9	161.1	185.5	287.5	1838.2
2004	100.9	84.8	119.4	48.7	141.4	98.4	119.0	119.4	113.2	119.3	97.4	133.8	1295.7
2005	87.3	202.3	141.0	216.8	52.7	108.1	69.5	41.1	98.2	116.8	149.9	29.6	1313.3
2006	124.1	146.2	113.5	78.2	108.3	52.4	104.3	25.0	86.5	115.8	192.9	85.4	1232.6
2007	171.7	29.4	357.4	274.0	312.9	3.5	163.5	35.2	85.2	135.1	168.0	65.9	1801.8
2008	85.3	239.0	238.2	110.8	43.6	142.9	96.9	22.9	141.7	92.7	106.4	51.2	1371.6
2009	185.9	118.0	160.4	281.5	133.9	164.7	85.8	104.3	164.7	125.0	57.2	61.9	1643.3
2010	37.3	145.7	112.4	198.5	124.3	60.9	55.2	45.1	44.4	56.3	147.8	145.2	1173.1
2011	54.4	54.4	183.7	169.3	144.9	101.9	79.7	18.5	103.9	112.9	185.3	140.1	1349.0
2012	127.4	70.2	282.7	257.0	131.0	57.0	45.2	9.4	88.3	244.7	86.8	120.8	1520.5
2013	186.7	88.8	180.4	70.9	103.0	93.7	90.4	120.5	72.7	84.9	129.1	64.3	1285.4
2014	143.4	103.5	228.1	137.1	80.8	61.9	83.2	56.9	112.5	155.4	180.4	89.8	1433.0
2015	218.9	222.7	172.1	284.8	143.7	106.4	62.3	74.8	49.7	134.5	144.7	155.7	1770.3
2016	24.2	229.2	249.6	135.7	126.0	69.4	21.8	47.0	74.1	174.2	65.9	154.4	1371.5
TOTAL MENSUAL	1738.3	1953.4	2785.3	2696.6	1874.9	1282.4	1302.4	840.1	1436.9	1992.9	1987.7	1622.1	21513.0
MEDIA	115.89	130.23	185.69	179.77	124.99	85.493	86.827	56.007	95.793	132.86	132.51	108.14	1434.2
MÁXIMA	218.9	239	357.4	320.1	312.9	164.7	163.5	120.5	164.7	244.7	192.9	287.5	
MÍNIMA	24.2	29.4	75	48.7	43.6	3.5	21.8	9.4	44.4	56.3	57.2	29.6	
DESVIACIÓN EST	57.472	66.874	74.557	88.66	60.641	41.293	36.182	35.283	33.151	44.304	45.808	66.023	

ANEXO 02: Información de Temperatura, Humedad Relativa y Brillo Solar.**SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU****DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN****INFORMACIÓN METEOROLÓGICA****PARA: CONSORCIO PRO AGUA SAN MARTÍN****SEGÚN PROFORMAN° 429-DR-9/2013****ESTACION: CO "TARAPOTO"**

Latitud : 06° 28'

Departamento : SAN MARTIN

Longitud : 76° 22'

Provincia : SAN MARTIN

Altura : 356 m.s.n.m.

Distrito : TARAPOTO

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1998	27.6	26.4	26.4	26.4	25.9	25.3	25.7	26.3	26.5	26.3	27.1	27.3	26.4
1999	25.6	25.3	26.0	24.5	24.6	24.9	24.0	24.8	26.7	26.3	26.0	26.8	25.5
2000	26.6	25.8	25.8	25.1	25.7	25.9	24.5	25.9	26.3	26.6	28.7	26.9	26.2
2001	26.5	26.5	25.9	25.5	25.8	24.3	25.1	25.6	25.9	27.5	27.9	26.9	26.1
2002	27.9	27.3	26.6	26.1	25.8	25.6	24.8	25.7	27.4	27.5	27.2	27.6	26.6
2003	27.8	27.2	26.5	26.2	25.5	25.5	25.3	25.8	26.4	27.6	27.7	27.2	26.6
2004	28.5	27.5	27.2	27.5	26.3	24.9	25.1	25.7	25.9	27.7	28.1	27.9	26.9
2005	28.7	27.2	27.3	26.5	27.0	26.3	25.6	27.4	27.3	27.3	27.5	27.5	27.1
2006	27.3	26.8	26.8	26.4	26.3	26.0	26.2	26.3	27.1	27.1	26.6	26.8	26.6
2007	26.8	27.6	25.4	25.2	25.1	26.0	25.3	25.8	25.3	25.9	26.1	26.8	25.9
2008	26.3	25.7	25.4	25.8	25.4	25.0	25.0	26.2	25.6	25.9	26.3	27.6	25.9
2009	25.9	26.3	25.8	25.1	25.5	24.7	25.8	26.1	26.4	27.0	27.9	27.8	26.2
2010	27.7	27.1	27.0	26.2	26.0	25.4	25.4	26.6	27.4	27.6	26.9	27.2	26.7
2011	27.6	26.8	26.0	25.7	25.5	25.1	25.4	26.4	26.1	26.7	26.8	26.4	26.2
2012	26.9	25.9	25.3	25.2	25.6	24.7	24.8	26.6	26.3	27.1	27.6	26.8	26.1

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
PARA: CONSORCIO PRO AGUA SAN MARTÍN
SEGÚN PROFORMAN° 429-DR-9/2013

ESTACION: CO "TARAPOTO"

Latitud : 06° 28'
 Longitud : 76° 22'
 Altura : 356 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : SAN MARTIN
 Distrito : TARAPOTO

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL EN %													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1978	82	79	80	85	85	84	75	79	77	74	74	73	79
1979	72	74	79	76	78	76	75	73	73	74	76	75	75
1980	72	70	77	71	74	75	74	77	74	76	68	72	73
1981	72	77	75	77	76	76	79	76	74	73	69	75	75
1982	70	71	76	76	67	77	75	74	74	70	72	69	73
1983	68	72	71	74	73	71	68	67	67	71	69	68	70
1984	74	74	75	76	75	77	75	71	76	70	68	67	73
1985	69	69	76	72	75	74	75	74	74	72	74	68	73
1986	72	75	76	74	74	71	76	73	76	74	79	74	75
1987	74	80	78	82	80	82	80	83	75	77	78	75	79
1988	73	77	78	78	80	80	79	77	77	78	73	77	77
1989	76	71	80	81	79	73	79	81	78	81	78	72	77
1990	78	78	82	81	82	84	82	79	78	79	80	80	80
1991	83	81	81	79	79	81	80	78	78	79	80	73	79
1992	75	75	78	79	73	72	75	75	73	72	70	73	74
1993	75	78	77	78	77	80	81	80	76	74	76	76	77
1994	76	76	77	79	78	82	78	79	78	77	76	74	78
1995	74	77	80	76	86	76	75	74	74	73	76	76	76
1996	78	78	80	80	78	80	77	78	71	75	77	77	77
1997	72	76	76	76	77	73	74	76	72	71	73	72	74
1998	71	71	72	71	74	76	76	72	74	72	74	72	73
1979	78	81	78	84	85	83	81	75	75	74	77	76	79
1980	74	77	79	83	81	78	79	76	75	76	68	74	77
1981	74	75	80	82	82	81	80	76	78	76	73	78	78
1982	69	75	77	82	81	77	82	76	71	73	74	72	76
1983	72	76	79	80	82	83	79	74	74	75	74	77	77
1984	70	72	77	75	77	80	78	75	76	73	73	72	75
1985	68	75	75	79	78	78	74	69	70	74	73	71	74
1986	73	73	77	78	72	78	75	74	71	75	78	76	75
1987	75	71	81	84	82	79	77	75	79	79	79	75	78
1988	75	78	81	79	78	77	77	73	76	78	79	70	77
1989	78	78	82	83	82	80	76	76	77	75	72	71	78
1990	70	77	81	85	81	81	71	71	73	73	78	75	76
1991	70	73	79	81	83	83	79	73	78	78	79	80	78
1992	75	77	83	85	81	84	83	78	78	80	78	79	80
1993	75	78	77	78	77	80	81	80	76	74	76	76	77
1994	76	76	77	79	78	82	78	79	78	77	76	74	78
1995	74	77	80	76	86	76	75	74	74	73	76	76	76
1996	78	78	80	80	78	80	77	78	71	75	77	77	77
1997	72	76	76	76	77	73	74	76	72	71	73	72	74
1998	71	71	72	71	74	76	76	72	74	72	74	72	73
1999	78	81	78	84	85	83	81	75	75	74	77	76	79
2000	74	77	79	83	81	78	79	76	75	76	68	74	77
2001	74	75	80	82	82	81	80	76	78	76	73	78	78
2002	69	75	77	82	81	77	82	76	71	73	74	72	76
2003	72	76	79	80	82	83	79	74	74	75	74	77	77
2004	70	72	77	75	77	80	78	75	76	73	73	72	75
2005	68	75	75	79	78	78	74	69	70	74	73	71	74
2006	73	73	77	78	72	78	75	74	71	75	78	76	75
2007	75	71	81	84	82	79	77	75	79	79	79	75	78
2008	75	78	81	79	78	77	77	73	76	78	79	70	77
2009	78	78	82	83	82	80	76	76	77	75	72	71	78
2010	70	77	81	85	81	81	71	71	73	73	78	75	76
2011	70	73	79	81	83	83	79	73	78	78	79	80	78
2012	75	77	83	85	81	84	83	78	78	80	78	79	80

REGISTRO METEREOLÓGICO

ESTACIÓN : TARAPOTO

LATITUD : 06° 28'

DEPARTAM. : SAN MARTIN

CÓDIGO : 000401

LONGITUD : 76° 22'

PROVINCIA : SAN MARTIN

TIPO : C-O

ALTITUD : 356.0 msnm

DISTRITO : TARAPOTO



HORAS DE SOL (Hr)

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	ANUAL
1999	104.1	97.1	155.3	118.1	109.8	142.4	158.7	178.0	158.8	160.1	137.8	177.7	1,697.9
2000	133.4	122.8	81.6	110.9	119.4	141.9	140.5	183.8	166.4	187.6	179.8	168.4	1,736.5
2001	143.3	96.7	120.2	137.3	143.5	108.6	142.8	176.8	172.0	175.0	174.6	159.4	1,750.2
2002	168.8	104.8	117.0	104.1	103.4	154.7	91.3	177.7	191.3	170.9	147.6	160.7	1,692.3
2003	137.2	110.3	125.7	146.4	98.3	118.0	155.8	186.9	144.6	179.0	164.4	129.2	1,695.8
2004	159.3	100.8	123.8	151.6	166.7	109.8	155.8	183.9	169.8	166.0	154.5	148.6	1,790.6
2005	138.0	109.2	123.4	135.5	181.6	171.4	212.1	200.1	160.2	127.6	139.7	108.4	1,807.2
2006	122.8	95.0	131.0	118.2	167.3	183.3	187.9	181.6	207.9	161.7	137.6	136.7	1,831.0
2007	135.0	104.6	97.9	110.2	167.7	141.3	155.6	186.2	157.3	166.0	154.5	148.6	1,724.9
No. DATOS	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
MEDIA	138.0	104.6	119.5	125.8	139.7	141.3	155.6	183.9	169.8	166.0	154.5	148.6	1,747.4
D.S	18.8	8.7	20.6	17.2	32.4	26.1	33.1	7.1	19.2	16.8	15.7	21.3	51.5
C.V	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.0
MINIMA	104.1	95.0	81.6	104.1	98.3	108.6	91.3	176.8	144.6	127.6	137.6	108.4	1,692.3
MAXIMA	168.8	122.8	155.3	151.6	181.6	183.3	212.1	200.1	207.9	187.6	179.8	177.7	1,831.0

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
PARA: CONSORCIO PRO AGUA SAN MARTÍN
SEGÚN PROFORMA N° 429-DR-9/2013

ESTACION: CO "SAN ANTONIO"

Latitud : 06° 25'
 Longitud : 76° 25'
 Altura : 430 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : SAN MARTIN
 Distrito : SAN ANTONIO

TEMPERATURA MEDIA MENSUAL EN °C

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2008	25.5	25.2	24.6	25.0	24.4	24.0	24.3	25.5	25.0	25.1	25.7	26.4	25.1
2009	25.2	25.2	24.8	24.5	25.0	24.3	24.4	25.1	25.3	26.1	27.2	27.1	25.4
2010	26.8	26.9	26.6	26.2	26.2	26.1	25.9	26.4	26.6	26.3	26.2	26.6	26.4
2011	27.0	26.3	25.5	25.5	25.2	24.8	25.0	25.6	25.5	26.0	26.0	26.0	25.7
2012	26.2	25.6	25.4	25.3	25.4	24.8	24.8	26.1	26.0	26.1	26.7	26.1	25.7

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
PARA: CONSORCIO PRO AGUA SAN MARTÍN
SEGÚN PROFORMA N° 429-DR-9/2013

ESTACION: CO "SAN ANTONIO"

Latitud : 06° 25'
 Longitud : 76° 25'
 Altura : 430 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTIN
 Provincia : SAN MARTIN
 Distrito : SAN ANTONIO

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL EN %

AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
2008	79	87	90	84	86	86	86	84	86	87	83	81	85
2009	87	85	86	86	84	83	82	81	82	82	81	82	83
2010	81	83	85	87	86	85	84	80	79	86	84	82	84
2011	82	83	85	84	85	84	83	81	81	84	83	83	83
2012	82	84	83	84	83	84	83	80	80	82	81	81	82

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
PARA: CONSORCIO PRO AGUA SAN MARTÍN
SEGÚN PROFORMAN° 429-DR-9/2013

ESTACION: MAP "EL PORVENIR"

Latitud : 06° 35'

Longitud : 76° 19'

Altura : 230 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTIN

Provincia : SAN MARTIN

Distrito : JUAN GUERRA

TEMPERATURA MAXIMA PROMEDIO MENSUAL EN °C													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1998	35.2	34.5	34.2	32.8	32.5	32.1	32.7	34.7	34.0	33.4	34.1	34.2	33.7
1999	32.8	31.7	32.0	30.7	30.5	31.4	31.5	32.6	33.9	33.9	32.7	34.5	32.4
2000	33.4	32.6	32.0	30.3	31.9	32.3	31.5	33.2	33.5	33.5	34.8	32.5	32.6
2001	32.4	32.8	32.0	31.7	31.8	30.7	31.6	32.0	32.3	33.9	34.2	33.2	32.4
2002	34.2	33.8	33.4	31.9	32.2	32.7	30.8	33.1	35.4	34.5	33.2	34.0	33.3
2003	34.0	33.9	32.7	32.4	31.7	31.9	32.5	33.7	33.9	34.0	33.6	32.2	33.0
2004	33.8	33.5	32.8	34.0	32.8	31.0	31.9	32.4	31.8	33.9	33.7	33.8	33.0
2005	34.6	33.0	33.1	32.2	32.8	32.6	32.1	34.0	34.2	33.3	32.8	33.3	33.2
2006	33.2	32.4	32.5	31.9	32.1	32.7	33.0	33.5	34.7	34.3	33.2	33.3	33.1
2007	33.6	34.9	32.5	31.6	31.8	32.6	32.6	33.5	32.8	33.0	32.4	33.2	32.9
2008	32.8	32.2	30.9	31.8	32.0	31.1	32.0	33.9	32.9	32.7	32.7	33.9	32.4
2009	32.0	32.1	31.4	30.8	31.8	31.2	32.0	33.0	33.2	33.7	34.3	34.2	32.5
2010	34.4	33.8	32.9	32.5	32.5	32.4	33.1	34.8	35.5	34.4	33.0	33.8	33.6
2011	34.0	32.8	32.0	31.7	31.3	31.3	31.8	33.7	32.3	32.6	33.2	32.8	32.5
2012	33.4	32.1	31.8	31.9	32.6	31.7	32.5	34.5	34.4	34.1	34.2	32.9	33.0

SERVICIO NACIONAL DE METEOROLOGIA E HIDROLOGIA DEL PERU
DIRECCION REGIONAL DE SAN MARTIN

INFORMACIÓN METEOROLÓGICA
PARA: CONSORCIO PRO AGUA SAN MARTÍN
SEGÚN PROFORMAN° 429-DR-9/2013

ESTACION: MAP "EL PORVENIR"

Latitud : 06° 35'

Longitud : 76° 19'

Altura : 230 m.s.n.m.

Departamento : SAN MARTIN

Provincia : SAN MARTIN

Distrito : JUAN GUERRA

HUMEDAD RELATIVA MEDIA MENSUAL EN %													
AÑO	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	PROMEDIO
1998	73	76	78	81	79	78	79	71	73	77	73	74	76
1999	80	80	81	87	86	82	81	74	73	74	77	72	79
2000	73	76	78	85	82	78	82	84	83	81	72	79	79
2001	82	80	84	86	88	88	86	86	86	82	75	80	84
2002	74	77	77	84	83	80	85	81	72	75	77	76	78
2003	76	78	80	81	83	83	83	80	81	81	83	84	81
2004	81	82	85	83	85	87	83	82	86	81	82	80	83
2005	75	81	80	82	79	79	77	72	72	79	79	75	78
2006	80	86	85	82	77	79	78	77	73	81	78	82	80
2007	84	77	82	88	81	83	80	76	79	78	78	72	80
2008	71	75	79	77	77	78	76	71	74	75	74	68	75
2009	74	72	77	80	76	75	74	72	73	73	72	70	74
2010	69	71	74	75	74	74	73	70	69	71	74	71	72
2011	70	72	74	75	76	76	74	70	76	74	72	74	74
2012	72	75	76	78	75	78	75	69	71	73	71	74	74

ANEXO 03: Tablas para el cálculo de radiación, horas máximas de sol y coeficiente de corrección “k” de Thornthwaite.

Se utilizaron las siguientes tablas interpolando las latitudes para encontrar el valor buscado, para el caso de Latitud Sur los datos de Enero corresponderán a Julio siguiendo en orden consecutivo (Enero = Julio, Febrero = Agosto, Setiembre = Marzo, así sucesivamente.).

Factores de corrección K_f para la fórmula de Thornthwaite y Wilm.

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
10	1.00	0.91	1.03	1.03	1.08	1.05	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.95	0.97

Número de horas de brillo solar (N).

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1
5	11.8	11.9	12	12.2	12.3	12.4	12.3	12.3	12.1	12.2	11.9	11.8
10	11.6	11.8	12	12.3	12.6	12.7	12.6	12.4	12.1	11.8	11.6	11.5
15	11.3	11.6	12.0	12.5	12.8	13.0	12.9	12.6	12.2	11.8	11.4	11.2
20	11.0	11.5	12.0	12.6	13.1	13.3	13.2	12.8	12.3	11.7	11.2	10.9
25	10.7	11.3	12.0	12.7	13.3	13.7	13.5	12.0	12.3	11.6	10.9	10.6
30	10.4	11.1	12.0	12.9	13.6	14.0	13.9	13.2	12.4	11.5	10.6	10.2
35	10.1	11.0	11.9	13.1	14.0	14.5	14.3	13.5	12.4	11.3	10.3	9.8

Radiación extraterrestre tomada en la parte superior de la atmósfera (cal/cm²día).

Latitud Norte	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sept	Oct	Nov	Dic
0	885	915	925	900	850	820	830	870	905	910	890	875
10	780	840	900	925	915	900	905	915	905	865	800	760
20	660	750	850	920	960	965	960	935	875	785	685	630
30	520	630	775	895	975	1000	990	925	820	685	560	490
40	380	505	675	845	965	1020	985	895	740	565	415	335
50	225	360	555	750	930	1010	970	830	640	435	265	190
60	90	215	425	670	890	1000	945	770	510	285	120	60
70	0	70	275	565	855	1025	945	685	385	145	15	0
80	0	0	125	480	890	1075	995	660	255	25	0	0
90	0	0	40	470	900	1085	1010	670	170	0	0	0

ANEXO 04: Caudales Medios Mensuales Captados por EMAPA.

ANEXO 05: Planos